اليورانيوم
استخدماته ومصيره في البيئة

اعداد

أ.د/ممدوح فتحي عبد الصبور
أستاذ البيئة-مركز البحوث النووية-هيئة الطاقة الذرية
مصر-ص.ب ١٣٧٥٩
E-mail:freemfs73@yahoo.com

اليورانيوم المنضب و فئران التجارب

جريمة حرب مستمرة

مقدمة

اليورانيوم المنضب هو من مخلفات عمليات تخصيب اليورانيوم ويحتوي علي ٩٩,٨% وزنا من نظير اليورانيوم ٢٣٨، بينما يحتوي اليورانيوم الطبيعي علي ٩٩,٢% وزنا من اليورانيوم ٢٣٨ . اليورنيوم ٢٣٨ كتلتة ٢٣٨ وحدة كتلة ذرية وعمره النصفي هو ٤٤٦٨ مليار سنة ونسبة وجودة في الطبيعة ٢,١ جزء /مليون. وعند تخصيب اليورانيوم ونزع نظائر اليورانيوم ٢٣٥ و ٢٣٤ من اليورانيوم الطبيعي يتبقي يورانيوم ٢٣٨ في صورة سادس فلوريد اليورانيوم والذي يمكن تكريرة لاحقا لانتاج اليورانيوم المنضب.

وعملية اخصاب اليورانيوم يتولد عنها ٥ كجم لكل اكجم منخفض الاثراء ومن ١٠٠-٢٠٠ كجم لكل ١ كجم عالي الاثراء واذا ادركنا ان عمليات الاخصاب تتم من اكثر من ٥٠ سنة يمكن ان نتصور حجم التراكمات الهائلة من اليورنيوم المنضب. ويبلغ مخزون سادس فلوريد اليورانيوم في مواقع مختلفة بالولايات المتحدة الامريكية حوالي ٧٢٨٠٠٠طن متري وتزداد هذة الكميات ذيادة مستمرة مما يجعل تراكمها في مخازن المخلفات النووية مشكلة معقدة والتكاليف الباهظة لدرء اخطارها، وظهرت الحاجة الملحة للبحث عن استخدامات متعددة لهذا المخلف بهدف التخلص من المخزون الكبير الناتج الذي يهدد سلامة البيئة المحيطة بمخازنة بالاضافة للحصول علي عائد اقتصادي.

وبالرغم من استخدام اليورانيوم المنضب في تطبيقات تجارية مختلفة (كتاب د. عبد الفتاح ٢٠٠٣) إلا أن هذا الموضوع سيبقي مثار للجدل خاصة لمختصين حماية البيئة والصحة العامة والمدافعين عن حقوق الانسان، بينما تغض البلاد المنتجة لة البصر عن الاعتبارات الصحية والبيئية لانها تصدر المشكلة لبلاد اخري اقل تقدما دون الاهتمام بالاعتبارات الصحية والبيئية بسبب الفوائد الاقتصادية من ناحية والتخلص من مشاكل التخزين وتكاليفة العالية. والجدول التالي يبين كميات اليورنيوم المنضب المعلن عنها عالميا.



A Typical Cylinder Storage Yard

صورة (١) احد مواقع تخزين اليورنيوم المنضب بالولايات المتحدة الامريكية

World Depleted Uranium Inventory

Country	Organization	DU Stocks (in tonnes)	Reported
United States	DOE	480,000	2002
Russia	FAEA	460,000	1996
France	COGEMA	190,000	2001
United Kingdom	BNFL	30,000	2001
Germany	URENCO	16,000	1999
Japan	JNFL	10,000	2001
China	CNNC	2,000	2000
South Korea	KAERI	200	2002
South Africa	NECSA	73	2001
TOTAL		**1,188,273**	**2002**

Source: WISE Uranium Project

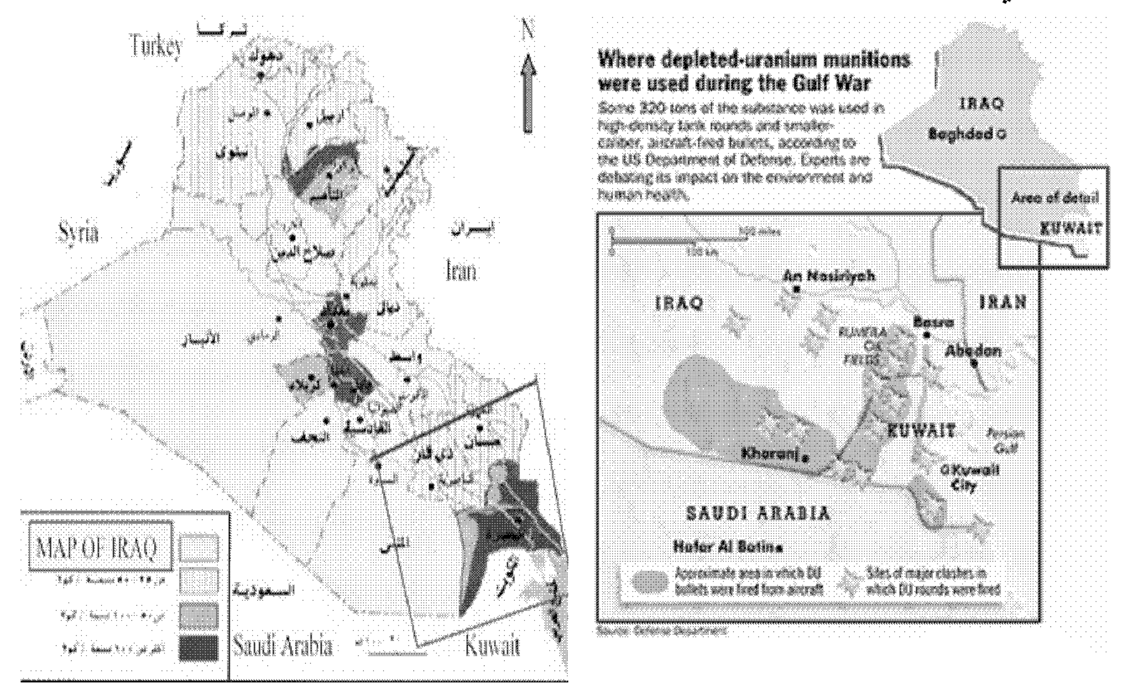
ويجدر بنا ان نذكر ان اليورانيوم المنضب يستخرج ايضا من الوقود المستنفذ و الذي تم استخدامة في المفاعلات النووية، وذلك عند فصل البلوتنيوم وبديهي ان هذا النوع من اليورانيوم المنضب المتبقي سوف يحمل اثار من نظائر مشعة عديدة من نواتج التفاعل الانشطاري داخل المفاعل، وكثافة اليورانيوم المنضب عالية جدا حيث تبلغ ١٩,٠٥ جرام/سم مكعب، وهي تمثل ١,٧ ضعف كثافة الرصاص. وحيث انة ناتج ثانوي فهو متوفر بأسعار قليلة جدا ومنافسة للمواد الاخري ذات الكثافة العالية مثل التنجستين، ولذلك تم التفكير في استخدامة في تطبيقات عسكرية خاصة في مجال التدريع ومجال تصنيع الذخائر الخارقة والقنابل القذرة. ويوجد علي شبكة المعلومات اكثر من عشر جهات في الولايات المتحدة ومصنع رفائيل الاسرائيلي يعملون في تصنيع هذه الذخائر.

استخدام ذخائر اليورانيوم المنضب في الحروب

استخدمت الولايات المتحدة الامريكية ذخائر اليورانيوم المنضب في عدد من الحروب وبذلك امكن اختبار كفائتها ومتابعة تأثيراتها علي شعوب بلدان اخري وبذلك توافرت لديها معلومات كافية دون الحاجة الي اجراء تجارب داخل الولايات المتحدة وبذلك تم تفادي اي اثار سلبية علي البيئة هناك وتم تفادي اي معارضة من المهتمين بالبيئة هناك. ومن هذه الحروب:

- حرب اكتوبر عام ١٩٧٣ بين مصر واسرائيل ،حيث دعمت امريكا اسرائيل بذخائر اليورانيوم المنضب واستخدمت لأول مرة في حرب الدبابات (داي وليامز ٢٠٠٣).
- حرب تحرير الكويت (عاصفة الصحراء) عام ١٩٩١ ضد جيش العراق (خاصة ما يسمي الان بطريق الموت بجنوب البصرة). حيث اطلقت كل من القوات الجوية الامريكية ودبابات أبرامز التابعة للجيش الامريكي ودبابات تشالنجر البريطانية قذائف يورانيوم منضب ودمرت ١٤٠٠ دبابة من مسافات ٣-٥كم واعتمد الجيش الامريكي علي اليورنيوم المنضب كأفضل اسلحة الحرب لتدمير جميع الأهداف ويقدر وزن اليورانيوم المنضب الذي القي علي العراق حوالي٨٥٠٩٥٠ رطل من ذخيرة الدبابات وحوالي ٥٣٦٧٤٥ من قذائف الطائرات. وتذكر الدكتورة ناصرة السعدون (١٩٩٢) انة ثبت لديها ان القنابل التي استخدمت تشبة القنابل الموقوتة حيث انها تقتل فيما بعد خاصة الاطفال حيث انهم الاكثر تعرض للاذي وسرعان ما ظهر بينهم سرطان الدم (خلال اربعة-ستة شهور) حيث يصاب الطفل باللوكيميا ويموت فلا بد ان يكون هناك سبب!. وبالفعل ظهر السبب عندما تعرض بعض جنود الناتو في حرب البلقان وماتوا بسرطان الدم فتكشف الامر.

- حرب البلقان وشملت عمليات محدودة في حـــرب البوســـنة عـــامي ١٩٩٤-١٩٩٥، وحرب كوسوفو عام ١٩٩٩ .
- حرب افغانستان ٢٠٠٠-٢٠٠١
- حرب العراق الثانية عام ٢٠٠٣ حيث استخدمت بكثافة ذخـــائر خارقـــة للمـــدرعات وصواريخ طائرات وقذائف مدفعية محملة باليورانيوم المنضب والملوث بمواد مـــشعه ايضا.

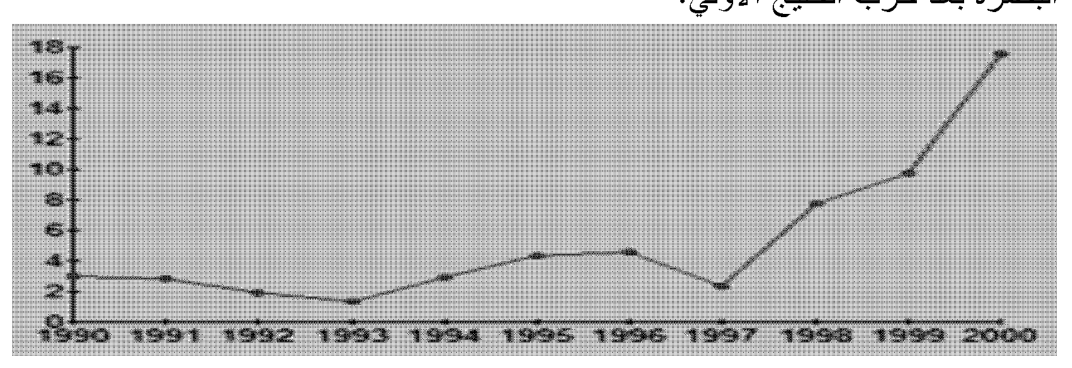


صورة توضح المواقع التي القي عليها ذخائر اليورانيوم المنضب

ويذكر هنا أنة بسبب التكتم الشديد الذي أحاطتة الولايات المتحدة الامريكية حول اســـتخدام ذخائر اليورانيوم المنضب في هذه الحروب خاصة حرب اكتوبر حيث تـــم تـــدمير الاف الدبابات في بضعة ايام وبالرغم من مرور اربعة وثلاثون سنة لم يكشف النقاب عن هـــذه المعارك ولم يسمع تفاصيل عن اثارها حتي الان.

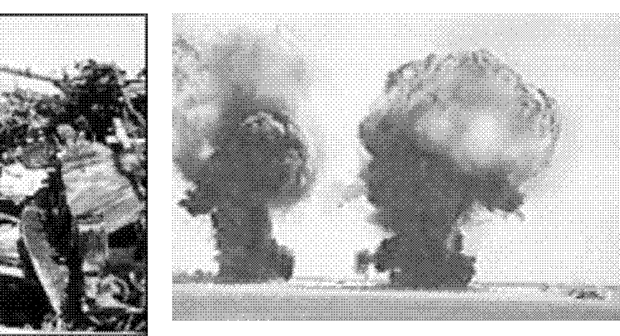
كانت اول اشارات الي استخدام هذه الذخائر بسبب ظهور اثار صحية علي بعض الجنـــود الغربيين المتواجدين في ارض المعارك مثل وفاة ٦ جنود ايطاليين من حلف النـــاتو فـــي حرب البلقان وإرجاع سبب وفاتهم الي ذخائر اليورانيوم، ثم اصابة عدد كبير من الجنـــود الامريكين الذين شاركو في حرب العراق الاولي وسميت بأمراض حرب الخلـــيج (كانـــت اصابتهم اما من حوادث نيران صديقة–حريق ضخم في مجمع الدوحة للدبابات والـــذخائر وما نتج عنة من احتراق كميات ضخمة من ذخائر اليورانيـــوم المنـــضب–التعامـــل مـــع الدبابات العراقية المدمرة–استشاق غبار الناتج من احتراق دبابات او انفجـــار صـــواريخ

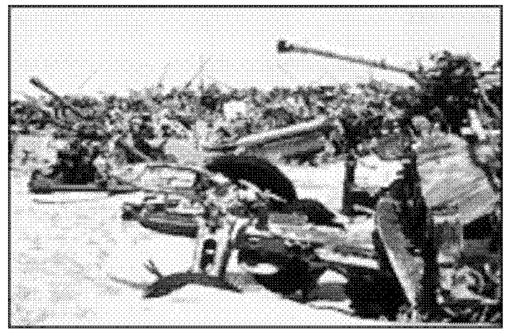
يورانيوم منضب) وبالرغم من ذلك لعبت الامور السياسية و الاعلام الامريكي الموجهة دورا قذرا في التقليل من أثار استخدام اليورانيوم المنضب وأكدت الولايات المتحدة وتابعتها بريطانيا الاصرار علي استخدام هذا السلاح وتجاهلت الأصوات الدولية التي ارتفعت في بلدان مختلفة من العالم تطالب بمنع استخدام اليورانيوم المنضب وتحريمة دوليا واعتباره من اسلحة الدمار الشامل، ولا يخفي علينا ان الدول التي تستخدمها امريكا كفئران تجارب عجزت حتي علي ايصال شكوها للعالم. علي سبيل المثال ذادت حالات السرطان من ٧ ألي ١٠ أضعاف وحالات تشوة المواليد ذادت من ٤ ألي ٦ أضعاف بجنوب العراق بعد حرب الخليج الاولي وظهرت تقارير لم يلتفت لها احد بل وركز الاعلام علي علاج الجنود الامريكان والعناية بهم ولم يلتفت احد اطلاقا للضحايا من الجانب العراقي بل وفي الحرب الثانية تم التوسع في استخدام هذه الذخائر للقضاء علي اكبر كمية من فئران التجارب ولعل التاريخ سوف يكشف يوما اسرار هذه الجرائم في حق البشرية. والشكل التالي يوضح الزيادة المفاجئة لسرطان الدم لمرضي من مستشفي البصرة بعد حرب الخليج الاولي.



والسبب في توفر بعض المعلومات يرجع الي طرف غربي والذي قام بكشف بعض من المستور فمثلا قام COGHILL واخرون عام ١٩٩٩ بنشر معلومات عن حرب البلقان حيث اوضحوا ان المنطقة التي يطلق عليها جدران ابليس في يوغوسلافيا قد تعرضت لقصف مكثف حيث تم القاء مايزيد عن ١٥٠٠ قذيفة يورانيوم منضب يحتوي بعضها علي ٣كجم يورانيوم منضب ويفيد التقرير ان هذه المنطقة استخدمت كحقل تجارب لهذا النوع من السلاح بدون التعرض الي إزعاج وكالة حماية البيئة في امريكا حيث لم يعط ترخيص الا في قاعدة واحدة في ولاية نيفادا وفي حدود ١٩ دورة تدريبية في السنة.

مع الإعلان عن فتح فريق تابع للأمم المتحدة تحقيقا في تأثير اليورانيوم المنضب Depleted Uranium على البيئة في البوسنة، حيث سيعمل علماء من برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة مع الخبراء البوسنيين لتحديد ما إذا كان استخدام هذه الذخيرة شكل مخاطر على الصحة البشرية وسبب تلوثا للتربة والنباتات والمياه أم لا.أعلن ذلك بيكا هافيستو- كبير خبراء البرنامج ، في مؤتمر صحفي عقده في سراييفو، صباح يوم ١٥ تشرين الأول / اكتوبر ٢٠٠٢، وأضاف بأن الدراسة ستركز على تقييم التأثيرات القصيرة والطويلة الأجل الناجمة عن استخدام هذه الذخيرة، ووضع التوصيات اللازمة لتفادي وقوع أي مخاطر محتملة.مع فتح هذا التحقيق يعود موضوع أضرار اليورانيوم المنضب الى الواجهة، والغريب انة لم تحظي اية دولة اسلامية من دول فئران التجارب الامريكية باي اهتمام مماثل، مع أن الدول العربية، وفي المقدمة منها دول الخليج، ولبنان وفلسطين، المتضرر الأكبر من إستخدام تلك الذخيرة المشعة والسامة كيمياوياً.كما وان التحقيق يأتي وسط تشكيك موضوعي قوي في مصداقية الوكالات المتخصصة التابعة للأمم المتحدة المعنية بالموضوع، لصمتها تارة، وتسترها،تارة أخرى، وحتى إنحياز خبراءها الى جانب مستخدمي السلاح المحرم دولياً، وإنصياعهم، ووقوعهم تحت تأثير الهيمنة الأمريكية على الأمم المتحدة وقراراتها، متناسين أن العلم بعيد عن المناورات السياسة.





وكان الاعلام الوحيد الذي قام بمجهود مشكور لكشف مشاكل وأثار الاستخدام اللانساني لذخائر اليورنيوم المنضب يسري فودة و احمد منصور بقناة الجزيرة الفضائية حيث استضافوا في عدة حلقات شخصيات غربية شاركت او بحثت في الاثار الخطيرة لليورانيوم المنضب (انظر المراجع).

استخدمت الولايات المتحدة في حربها ضد القاعدة بافغانستان ٦٠٠٠ قذيفة موجهة حوالي ثلثها يورانيوم منضب (لاحظ عدم التكافؤ دولة عظمي تحارب افراد بتسليح شخصي بسيط باسلحة دمار شامل!!) وتزن قذيفة اليورانيوم المنضب الواحدة ٢٠٠٠ رطل ولقد نـــشرت منظمة الصحة العالمية تقريرا في ٢٠٠٢ بخصوص ما حدث في المناطق الـــشمالية ومـــا لحقها من اضرار حيث تأثر اكثر من ٦٠ الف طفل افغاني وهم الان معرضـــون للمـــوت ويذكر البروفسير دركوفيتش ان عينات البول والدم لمدنيين افغان احتـــوت علـــي ٢٠٠-٤٠٠ ضعف من اليورانيوم اذا قورن بمدنيين عراقيين بعد حرب الخليج الاولي. وقال ان هذه اول مرة في تاريخ البشرية نواجة فيها تلوثا شاملا لسكان في منطقـــة كبيـــرة وفـــسر سبب ارتفاع مستويات اليورنيوم في اجسام المدنيين الافغان عن طريـــق تـــنفس الغبـــار المنتشر الي مئات الكيلومترات بعد انفجار قذيفة اليورانيوم، وكانت نسبة اليورانيـــوم فـــي البول البشري في افغانستان حوالي ٣١٥,٥ نانوجرام/لتر بينما تتراوح نسبتة المسموح بها بين ٨-١١,٨ نانوجرام/لتر، وبتحليل مياة وتربة من داخل حفر سببتها القنابل في جـــلال اباد كانت مستويات اليورانيوم ١٤-١٦ الف نانوجرام/لتر ماء بينما المسموح بـــه ٢٠٠٠ نانوجرام/لتر، اما عينات التربة فبلغت ٢٠ نـــانوجرام/كجـــم بينمـــا المـــسموح بـــه١،٢ نانوجرام/كجم.

سلاح فتاك و محرم دولياً

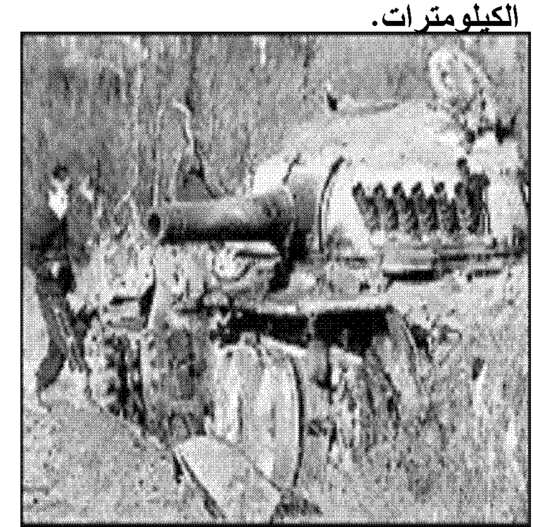


تبعاً للعديد من القرارات والاراء القانونية والعلمية يعتبر استخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب للاغراض العسكرية جريمة حرب ، لكون الذخيرة تقع ضمن فئة " اسلحة الدمار الشامل " المحظورة دولياً وفقاً لقرارات الجمعية العامة للامم المتحدة و لجنة الاسلحة التقليدية المتتالية: في ١٢ /١٩٤٨/٨، وفي ١١ /١٢ /١٩٧٥ (الرقم ٣٠/٣٤٧٩)،وفي ١٠ /١٢/١٩٧٦ (الرقم ٧٤/٣١)،وفي ١٩٧٧/١٢/١٢ (الرقم ٨٤/٣٢)، وفي ١٣ /١٩٧٨/١٢ (الرقم ٨٤/٣٣/ ب) .وقد اعتبرت هيئة الامم المتحدة، قبل اكثر من عقدين، ان ابرام إتفاقية حظر إستخدام وإنتاج وتخزين جميع انواع اسلحة الدمار الشامل، النووية والكيمياوية والبايولوجية،وتدميرها، من اولى المهام الملقاة على عاتق المجتمع الدولي.وجددت لجنة حقوق الانسان التابعة للامم المتحدة، في دورتها لعام ١٩٩٦، إدانتها لاستخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب بوصفها من اسلحة الدمار الشامل، وإعتمدت اللجنة الفرعية لمنع التمييز وحماية الاقليات التابعة للامم المتحدة، في دورتها ١٩٩٦/٤٨، القرار ١٦ /١٩٩٦،الذي اعربت فيه عن القلق من استخدام اسلحة التدمير الشامل،سواء ضد افراد القوات المسلحة او السكان المدنيين.وحثت فيه كل الدول على كبح جماح إنتاج ونشر الأسلحة التي تحتوي على اليورانيوم المنضب.

ومن ادلة و الاثباتات، التي استند عليها حكم المحكمة الدولية لجرائم الحرب ضد الانسانية من قبل مجلس الامن الدولي ضد العراق، الصادر في مدريد، في ١٧ تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٦: استخدام طائفة عريضة من الاسلحة غير المشروعة، منها صوارخ وقذائف تحتوي على يورانيوم غير مخصب، لوثت التربة والمياه الجوفية باشعاعات خطيرة للغاية، بل ومميتة في بعض الاحيان، سوف تؤثر على السكان لالاف السنين. معرضة سكان العراق للتلوث الكيمياوي والاشعاعات، ومسببة الموت والمرض والاصابات المستديمة.

ولقد اكد العديد من العلماء والخبراء المعنيين، ومنهم : البرفسور الدكتور غونتر، والبرفسور ديتز، والبرفسور الدكتور ديوراكوفيتش، والبرفسور ميركاريمي، والبرفسور كوجهيل، والبرفسور شارما، والبرفسور روكه، وغيرهم، ان هذا النوع من اليورانيوم هو من النفايات النووية الناتجة عن عملية تخصيب اليورانيوم، وهو مشع وسام كيمياوياً. ذخيرته ذات اختراق هائل ، ومادتها مشتعلة بشكل طبيعي . عند إرتطامها بالهدف (الدبابة مثلاً) تنفجر وتشتعل،ويولد إنفجارها منتوجاً بالغ السمية والإشعاع، وتتوزع جزيئات أوكسيد اليورانيوم على شكل غيمة إشعاعية الى مسافة عشرات الكيلومترات.





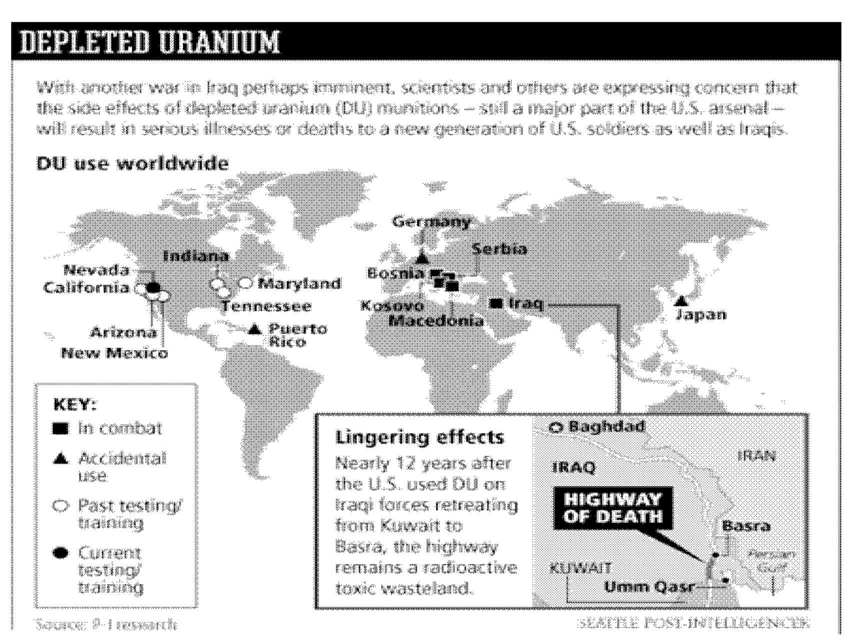
فيقول البرفسور الدكتور أساف ديوراكوفيتش، وهو طبيب وخبير بالطب الذري، وعقيد سابق في الجيش الأمريكي:عندما ترتطم ذخيرة اليورانيوم المنضب بجسم، فانها تخترقه، ويشتعل، وتحرق كل شيء: الوقود، والذخائر، وحتى البشر.وأكد ان خطر الإشعاعات والتسمم الناجم عن ذخيرة اليورانيوم المنضب، فعلاً، لا يقتصر على العراق وحده، وإنما يهدد كل من الكويت، والسعودية، والبحرين، وقطر ايضاً. ونبه الى أنه لا توجد شرطة حدود لليورانيوم المنضب، إنه يتنقل بحرية من بلد إلى آخر بفعل قدرة الرياح على حمل الجزيئات المشعة، أي مكان في الخليج أثرت فيه الرياح أو العواصف، أو ترسبات الأتربة لديه حقاً احتمال أن يكون ملوثاً، وأن يكون سكانه استقطبوا في أجسادهم تراكيز مرتفعة من اليورانيوم مقارنة بسكان المناطق الأخرى التي لم تتعرض لفعل الرياح والأتربة وتراكيز اليورانيوم.

ما تزال مخلفات السلاح الفتاك متناثرة في أجزاء عديدة من المنطقة، وخاصة في جنوب العراق وفي مناطق من الكويت والسعودية. فتبعاً لمركز التوثيق الهولندي في أمستردام Stichting LAKA: " فان النوع الجديد من الموت البطيء، الذي نقلته اكثر الحروب تسميماً في التأريخ، يشمل ما يقدر بـ ٨٠٠ طن من غبار اليورانيوم الناضب المستمر في الهبوب عبر شبه الجزيرة العربية لعقود عدة في المستقبل، تكفي لجعل هذه العملية معروفة جيداً في السجلات الطبية. وقد ثبت أن المخلفات ما تزال تشع حتى بعد مرور ١٠ أعوام على إنتهاء الحرب الاولي، ولم ترفع، ولم تنظف المنطقة، رغم تحذيرات العلماء والخبراء المختصين من خطورة بقائها.

وتؤكد التقارير العلمية والعسكرية ان معضلة إستخدام ذخيرة اليورانيوم المنضب تكمن في أن آثارها لاتنتهي بتوقف العمليات الحربية، فالطلقة التي تصيب هدفها تقوم بخرق الدروع وقتل او حرق طاقم العربة المدرعة، اما الطلقة التي تخطئ الهدف، أولا تنفجر، فتذهب لتستقر في تربة ارض المعركة.وفي الحالتين يستمر الاذى المترتب عن بقايا اليورانيوم.فالعربة المدرعة المضروبة تبقى ملوثة لمئات السنين، وتحتاج الى عمليات كيمياوية وميكانيكية معقدة للحد من بقايا الملوثات فيها.اما آثار التلوث المترتبة عن اختلاط اليورانيوم بالتربة، فتشكل كارثة بيئية بعضها آني، والاخر مؤجل.فعدا الاثر الموضعي، السمي والإشعاعي لليورانيوم المنضب، فان جزيئاته،التي يتحول ٧٠ % منها الى أوكسيد اليورانيوم، تنتشر عن طريق الريح، وعبر المياه الجوفية، لتغطي مساحات شاسعة تتجاوز الرقعة الجغرافية لارض

المعركة بنحو ١٠ الاف كيلومتراً، واحتمالات انتقالها الي سلسلة الغذاء، فتفتك بالحيوان والنبات والأنسان لأجيال عديدة. وكان البرفسور روس ب ميركاريمي- خبير البيئة في مركز بحوث رقابة الاسلحة (ومقره في سان فرانسيسكو) قد نبه الى أن النتائج البيئية لحرب الخليج سوف لن تقتصرعلى منطقة القتال، وما لم يجر تحليل صحيح لمنع آثار الحرب الطويلة الامد، فقد يصبح عشرات الآلاف من المدنيين الابرياء،على بعد يصل الى ١٠٠٠ ميل، ضحايا لإصابات إضافية. و اضاف انه "من المحتمل جداً ان يدفع الاطفال غير المولودين حتى الآن في المنطقة الثمن الأغلى ، ألا وهو سلامة عواملهم الوراثية". وأكدت وثيقة صادرة عن السلاح الطبي الامريكي أن التعرض لتأثير ذخيرة اليورانيوم المنضب يتسبب بارتفاع حالات السرطان (في الدم والعظام والرئة) وتلف الكليتين والكبد وجهاز المناعة، ويسبب ايضاً فقر الدم، والتشوهات الجنينية. وكانت دراسة في عام ١٩٩٠، أنجزت برعاية الجيش الأمريكي، قد ربطت بين اليورانيوم المنضب والسرطان،وقالت:" ليس ثمة جرعة متدنية منه بحيث يكون إحتمال تأثيرها منعدماً".

ويؤكد تقرير هيئة الطاقة الذرية البريطانية بان اليورانيوم المنضب إذا دخل في سلة الغذاء او الماء فإنه سيخلق مشاكل صحية كامنة. وأقر تقرير البعثة العلمية لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة،عقب زيارتها الميدانية لكوسوفو للفترة ٥-١٩ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٠، والمعنون "اليورانيوم المنضب في كوسوفو" أنه بعد مرور عام على تلوث الأرض باليورانيوم المنضب، هناك إحتمال يتمثل في إمتصاص اليورانيوم من خلال تناول خضروات او فواكه ملوثة، او قد تلوثت بطريق غير مباشر، من خلال إمتصاصها لليورانيوم المنضب من جذورها، او من خلال تناول حليب ولحوم لحيوانات تناولت أعشاب ملوثة، او من التربة.



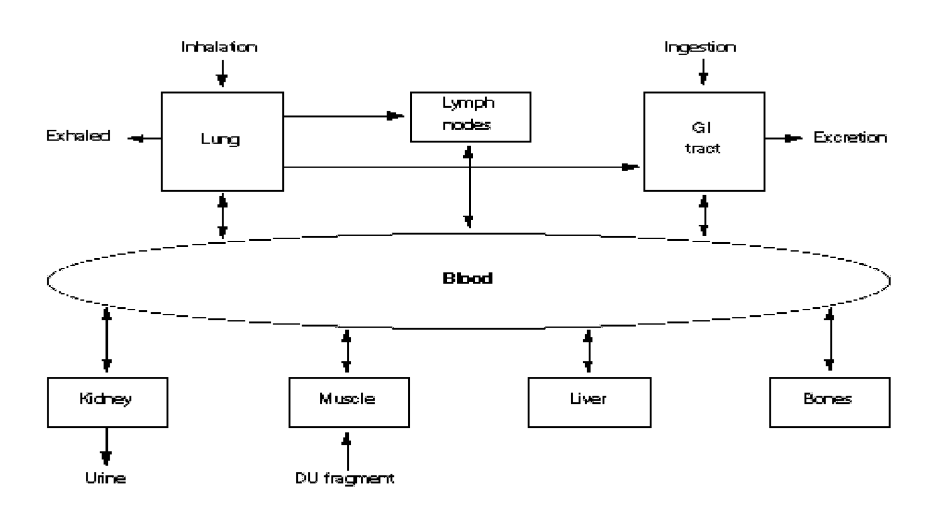
وتتركز مخاطر اليورانيوم المنضب في المخاطر الاشعاعية والـسمية الكيماويـة يمكـن ان نختصرها في الاتي:

الإشعاع المؤين من اليورانيوم المنضب يكون اساسا علي شكل دقائقا الألفا ٠,٣٨٩ ميللـي كيوري/ كجم ولكن نتائج اضمحلالها ينتج عنها نظائر ذات اشعاع غامـا و إشـعاع بيتـا. وتشكل جرعة الأشعّة الغاما أقلّ من ٢% من اجمالي اشعة ألفا و بيتا. وجزيئات ألفا تـشكل معظم المخاطر لعامل إلوزن الكبير بالقياس ألى انبعاثات بيتا و غاما.

و عندما تضرب القذيفة هدف صلب أو الهدف المـدرّع المقـصود. عنـدما يـصدم DU penetrator درع تتحوّل طاقته الحركيّة إلى إلى حد كبير طاقـة حراريـة (نتيجـةللتأثير المشترك من الاصطدام و الاحتكاك) و الطاقة الحرارية المتولدة مكافئة لتلك المتولـدة مـن كيلوغرام مادّة شديدة الانفجّار. و ينتج سحابة للشظايا بالجوّ الّتي من تلقاء نفسها تشتعل و تنتج سحابة ضخمة Plume من الجسيمات الرفيعة جدا. وبناء علي العديد مـن اختبـارات الرماية ان حوالي ٢٠% من اليورنيوم المنضب يتحوّل بهذه الطريقة إلى أكاسيد يورانيـوم في شكل ايرسولات .i.e) حوالي كيلوغرام واحـد قـضيب طويـل منفـرد(penetrator) والنشاط إلاشعاعيّ للمادّة لا يتأثّر بالاحتراق. وحوالي نصف الايروسولات المنتشرّة يمكن أن تسنتشّق. وفي اختبارات معملية ثبت ان حوالي ٤٠ بالمئة مـن ايروسـولات اليورانيـوم المنضب المستنشقة يذوّب في سوائل الرئة (الصناعية) خلال أسبوع. إلاّ أنّه اسـتنادا إلـى شروط نموذج رياضي بواسطة ICRP فان حوالي ١٠% فقط من هذه الايروسولات تحتجز في الرئة لأكثر من سنة. و التعرض لاشعاع ألفا و إشعاع بيتا والنـاتج مـن ايروسـولات اليورانيوم المنضب المستنشّق و الغير قابل للذوبان قد يكون عامل اساسي يـضرّ بانـسجة الرئة و الي ذيادة احتمالات الاصابة بسرطان الرئة بعد عدة سنوات فيما بعد. وفـي نفـس الوقت جزء جوهريّ من هذه الجسيمات المترسبة مبدئيّا بالرئة يمكن ان تنتقل الـي مكـان آخر في الجسم، خاصّة إلى العظام (~٨%) و الكلية (~٣%)، وزيادة نسبة مخاطر السرطان في هذه المواقع.

الكثير من الايروسولات النشطة اشعاعيّا خارج المركبة او الدبابة الهدف ينتـشر ويتـصاعد إلى اعلي خلال عمود من الهواء الساخن الناتج من حـرارة الانفجـار. وبعـضها يترسـب بسرعة خلال بضع عشرات من الأمتار من الهدف. وهـذا يأخـذ بعـض الوقـت (جـديرا بالإعتبار) إلى ان يتم التخفّيف و يتلاشي ولكن سيكون من السهل نسبيا أكتـشاف النـشاط الاشعاعى. اما الجزيئات ألاخفّ فتنتشر الي مسافات ابعد قد تصل الي مئات الكيلـومترات .

وتدعي بعض اختبارات الرماية بالذخيرة **DU-based** في المملكة المتّحدة، قامت بها وكالة تقييم الدفاع وبحوث الوقاية من الاشعاع ببريطانيا **(DRPS)** حيث اوضحت أنّ المادّة النشطة إشعاعيّة كان من الصعب أن تكتشف علي بعد أكثر من ١٠٠ متر من الهدف حتي بواسطة افضل وادق معدّات الرصد الاشعاعي.



ونتيجة السمية الكيماوية لليورانيوم المنضب يكمن السبب الحقيقيّ للاهتمام بسحب غبار اليورانيوم (الايروسولات) والناتجة بعد اصطدام ال **DU penetrators** بهدف صلب مثل الدبابات. حيث اوضحت اختبارات الرماية للجيش ألامريكيّ ان اكثر من نصف أكاسيد اليورانيوم الناتجة عن هذه الصدمة تكون ذائبة نسبيا. وفي حالة تناول مثل هذه المادّة، فان حوالي ٢% يمتصّ في الأمعاء في سوائل الجسم و من ثمّ تنتقل مع مجرى الدّم. واليورانيوم، في شكل أيّون **uranyl** ، يمكن أن يتفاعل مع جزيئات البيولوجيّة الاخري (مجاميع بيكربونات، سترات، فوسفات، بروتينات، إلخ.) و تسبب الضرر. حوالي من ٩٠% لليورانيوم الممتص يفرز بواسطة الكلى خلال ٢٤ إلى ٤٨ ساعة، و علي انسجة الكلى نفسها يقع كلّ الضرر. في بيئة أيّونات **urinethe uranyl** الحامضيّة داخل الجسم متحدة مع البروتينات في جدران الخلايا الانبوبية تؤدي الي وفاة الخلايّا فتضمر وتنقص القدرة على الترشيح. ١٠و % من اليورانيوم المتبقي الذي لم يفرز فيسكن في أعضاء مثل الكبد و الكلية، وفي الدهون و العضلات خلال أيّام أو أشهر. وهنا يشكل الاحتفاظ الطويل الأمد في العظام ما يقارب سنوات إلى عقود تشكل الاضرار الاشعاعية **radiological** طويلة الأمد . إلاّ أنّ البرهان المعروف الوحيد من الضرر الكيميائيّ لليورانيوم للبشر يتركز على الكلى. وقامت العديد من الدراسات لوضع الحدود المسموح بها في الكلي حيث تشير الي قيمة ٣ ميكروجرام من اليورانيوم لكل كجم من انسجة الكلي.

لو استنشق يورانيوم ذائب عبر الرئة فان معظمة يمتص في الدم، حيث يسري في مجـــرى الدّم و غالبا يفرز بواسطة الكلى، مع وجود احتمالات احداث ضرر بالكلي في نفس الوقت .

وهناك ثلاثة مسارات رئيسيّة للتعرض لليورانيوم: استنشاق، تنـــاول الطعـــام، و الـــشظايا الابرية التي تنغمس في الجلد واعضاء الجسم Embedded shrapnel . وكلّ مسار يجـــب أن ينظرإليه بشكل منفصل لبيان سبب الاختلافات في الاستجابة والاعراض.

اولا: الاستنشاق

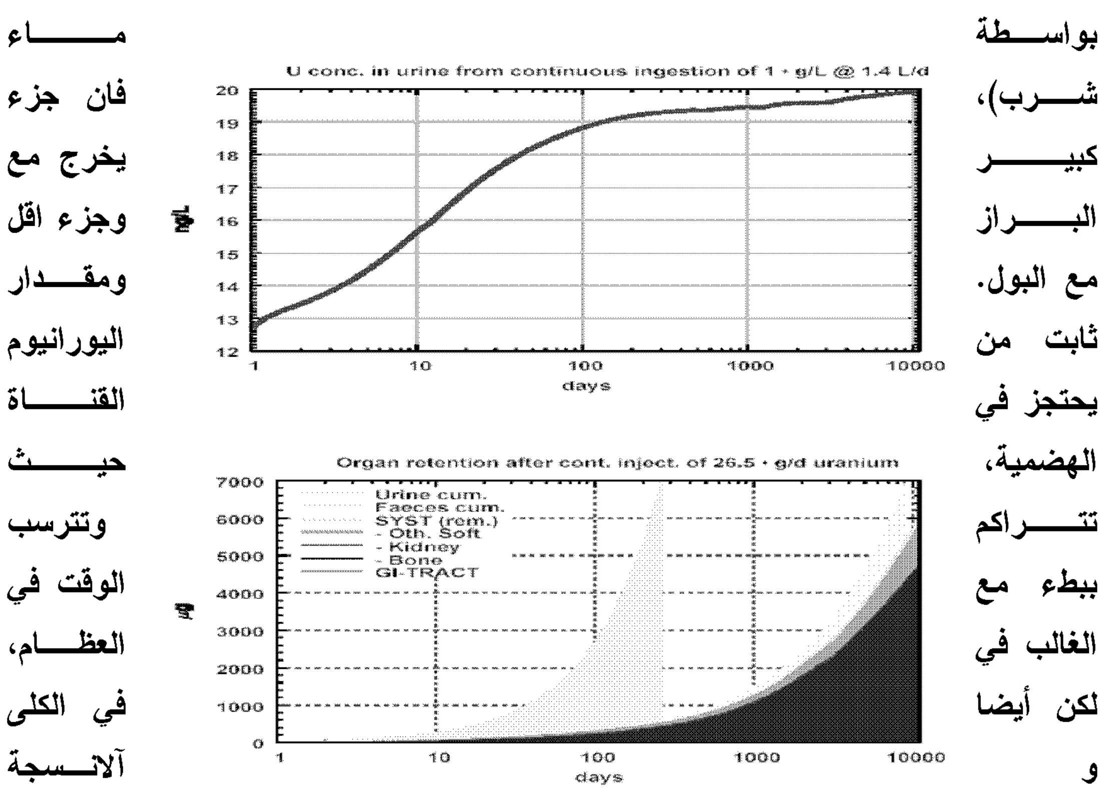
عند استنشاق ايروسولات اليورانيوم، يُودع جزء للمادّة في الرئة، والّتي تقوم بتشعيع نسيج الرئة. و الجزء الواصل اليّ المناطق الحساسة اشعاعيا في الرئة يتوقف علي توزيع و حجم الجسيمات في الغبار، وبصورة خاصّة الجزء القابل للتنفس. و عبر ذوبان وتحلل المادّة يتم سريان اليورنيوم الي الدم ببطء و تنقل إلى أعضاء اخري، وهناك تكون ترســبات ثانويـــا. ويتم إفراز اليورانيوم غير المحتجز مع اخراج البراز و البول.

ومن بعض الدراسات وجد انه يتكون مزيج من أكاسيد اليورنيوم نتيجـــة لاحتـــراق قذيفـــة اليورنيوم المنضب، مع وجود اختلافات في النسب المئويّة لاكاسيد اليورانيوم$UO_2:U_3O_8$ ، و وفي دراسة عن حرق DU بواسطة [Elder 1980] اوضح انه يتكون غالبـــا$U_3 O_8$، وبعض من. UO_2



ثانيا : تناول الطعام

لا يوجد ممر تعرض ذو صلة للجنود في مسارح الحرب خاصة مع التعليمات والارشادات الوقائية التي يلقونها للجنود. ولكن الوضع يختلف بالنسبة للمدنين وخاصة الاطفال والحيوانات في المراعى. وتناول الطعام الملوث و المستمرّ باليورانيوم و بمعدّل ثابت (e.g. بواسطة ماء شرب)، فان جزء كبير يخرج مع البراز وجزء اقل مع البول. ومقدار ثابت من اليورانيوم يحتجز في القناة الهضمية، حيث تتراكم وتترسب ببطء مع الوقت في الغالب في العظام، لكن أيضا في الكلى و الآنسجة الناعمة الاخري.



ويبين.شكل ١ تركيزات اليورانيوم في البول نتيجة لتناول الطعام الملوث المستمرّ باليورانيوم خلال ماء الشرب ملوث بتركيز ١ µg/L و استهلاك يوميّ ١,٤ لتر.

الشظاياالحادة المتضمنة Embedded shrapnel

بعض الجنود الامريكين شظايا حادة متضمنة من قذائف DU من ما يسمى "نيران صديقة." والتعرض المستمرّ من الشظايا الحادة المتضمنة من DU غالبا منغمسة داخل الانسجة الناعمة، مثل العضلات، ثم تذوب بمعدّل ثابت الي الدم . والأغلبيّة الذائبة تفرز عبر البول و إلى درجة صغيرة، عبر البراز . عكس الحال بواسطة تناولا الطعام، دور البول و البراز لإخراج معكوس.

المراجع:

-د.كاظم المقدادي،جريمة إستخدام السلاح المحظور دولياً ضد الشعب العراقي وأبعادها بين الصمت واللاإكتراث والنتائج،" المستقبل العربي"، العدد ٢٥٩ (٩/٢٠٠٠)،أيلول/ سبتمبر ٢٠٠٠، ص ١٢٦.

- بيتر ايزلر- واشنطن،أبحاث جديدة تؤكد تلويث اليورانيوم الناضب لـ٥٠ موقعا حول العالم، خدمة US Today، خاص بـ "الشرق الأوسط"، في ٢٢/٧/٢٠٠١

-جيف سيمونز، التنكيل بالعراق:العقوبات والقانون والعدالة،مركز دراسات الوحدة العربية،بيروت،١٩٩٨

- يسري فوده،عاصفة اليورانيوم - الجزء الثاني،برنامج "سري للغاية"، قناة "الجزيرة" القطرية ، في ٩ /١١/٢٠٠٠

-عاصفة اليورانيوم - الجزء الأول، برنامج "سري للغاية، تقديم: يسري فودة،"،"قناة الجزيرة"القطرية،في2/11/2000

- الآثار المدمرة لليورانيوم المنضب، برنامج" بلا حدود"،تقديم: أحمد منصور، قناة "الجزيرة" الفضائية القطرية،في ٦/٢/ ٢٠٠٢

- الآثار المدمرة لليورانيوم المنضب، برنامج" بلا حدود"، تقديم:أحمد منصور، قناة "الجزيرة" الفضائية القطرية، في ٧/٢/٢٠٠١-

-كفاية اولير،إستنشاق دقائق اليورانيوم الناضب..،"الشرق الاوسط"،العدد ٧٦٥٥،في ١٣/١١/١٩٩٩

أ.د/ عبد الرحمن عبد الفتاح (كتاب اليورانيوم المنضب-تطبيقاته ومخاطرة) دار النفائس ببيروت (٢٠٠٣).

-الأمم المتحدة A/56/165 ،ج ع،الدورة ٥٦،البند ٨٦(ك) من القائمة الأولية، نزع السلاح العام الكامل: مراعاة معايير البيئة في صياغة وتنفيذ إتفاقات نزع السلاح وتحديد الأسلحة ،في ٢٧/٥/٢٠٠١، موقع هيئة الأمم المتحدة على الإنترنيت.

- الأسلحة الأميركية المرتقب استخدامها في العراق،برنامج" بلا حدود"، تقديم: أحمد منصور، قناة " الجزيرة" الفضائية القطرية،في ١٥/١/٢٠٠٣

- - د. عصام الحناوي، أي أسلحة الدمار البيئي سيستخدم الأميركيون في الحرب ضد العراق؟ ، "الحياة، في ٩/٢/٢٠٠٣

ATSDR [1999] Toxicological Profile for Uranium, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 1999, 474 p.

http://www.aljazeera.net/ no limits/articales/2001/2/2-11-1.htm
http://www.aljazeera.net/ no limits/articales/2003/1/1-19-1.htm
http://www.aljazeera.net/ no limits/articales/2002/11/11-10-1.htm
http://www.aljazeera.net/news/europe/2001/1/1-5-3-htm

Ross B. Mirkarimi, Ëxtreme birth deformities" The arms control Res. Center, May 1992.

Fact Sheet 2, Stichting LAKA, Ketelhuiesplein 43, 1054 RD, Amesterdam, Netherlands.

Ross B Mirkarimi ,The Envinormental and Human health Impact of The Gulf Region with Special Reference to Iraq , (Arms Control Research Centre, San Francisco, Now are Ecology, May (1992).

Durakovic [2004] Quantitative Analysis of Concentration and Ratios of Uranium Isotopes in the US Military Personnel at Samawah, Iraq During Operation Enduring Freedom, by A. Durakovic, A.Gerdes, I. Zimmerman, F. Klimaschewski; Poster presented at European Radiation Research 2004 -The 33rd Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology - August 25-28, 2004,Budapest.

Military Toxics Project," Military Toxics Project Confirms NATO is Using DU Munitions in Yugoslavia and Releases Resultes of Medical Study Idicating Potential for Fatal Cancers",Press Release, 4/ 5 / 1999.

Geof Simons, The Scourging of Iraq: Sanctions, Law and Natural Justice, New York, St.Martin´s Press, 1996.

US Army Environmental Policy Institute, Health and Envionmental Consequences of DU in the US Army: Technical Report (Atlanta, GA), in Army Environmental Policy Institute,1995.

Felicity Arbuthnot, "Allies", Shells Leave Deadly Radiation, Scotland on Sunday,18 March 1991.

UNEP Confirms Plutonium Found In Du Ammunition , UNEP News Release 01/24.

Scott Peterson." DU´s Global Spread Spurs Denate over Effect on Humans", Christian Science Monitor,April 29, 1999.

مصادر اليورانيوم

في ضوء موقف البترول العالمي ونقص احتياطاته فقد أصبح استخدام البتـرول لإنتاج الكهرباء يمثل خسارة اقتصادية حفاظاً على ثروة البترول قصيرة الأجل وتوفير أكبر كمية ممكنة منه للتصدير. ونظراً لعدم وجود مصادر متاحة كافية لسد احتياجـات العالم من الطاقة الكهربائية فإن الطاقة النووية هي البديل المؤكد والوحيد الذي يمكـن الاعتماد عليه في توفير الاحتياجات المتزايدة من الطاقة الكهربائية وذلك حتـى يمكـن الإقلال من الاعتماد على البترول والغاز الطبيعي لإنتاج الكهرباء.

وقد لجأت كثير من دول العالم المتقدمة والنامية إلى البـديل النـووي لتـوفير حاجتها من الطاقة وأصبح من المتوقع أن تغطي الطاقة النوويـة حـوالي ٥٠% مـن احتياجات العالم من الطاقة في سنة ٢٠٠٠م.

ويستوجب أي برنامج وطني تكثيف أعمال البحث والتنقيب عن خامات يورانيوم محلية لتوفير الوقود النووي اللازم لهذه المحطات النووية، وقد أسفرت عمليات البحث عن اكتشاف مواقع لبعض تمعدنات اليورانيوم في توزيعات مختلفة وبأنحاء متفرقة من صحاري جمهورية مصر العربية إلا أنها لا تزال قيد الدراسة والبحث منذ نصف قرن ولم تدخل مصر بعد مرحلة الإنتاج اللازم لتغطية أي جزء من احتياجـات البرنـامج القومي للمحطات النووية والذي توقف (تبلغ احتياجاته حـوالي عـشرات آلاف طـن يورانيوم حتى عام ٢٠٠٠).

وجدير بالذكر أن السوق العالمية لخام اليورانيوم فيها وفرة كبيرة مما أدى إلـى انخفاض أسعار اليورانيوم ومن الأهمية بمكان استخدام الخامات المحلية بالإضافة إلـى الشراء من السوق العالمية وذلك لضمان عدم الوقوع تحت ضغط الاحتكارات العالميـة وتحكم الدول المنتجة في عمليات البيع وتبعية ذلك لتيارات السياسة العالمية.

إن استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء يستوجب وضع استراتيجية قومية لتصنيع الوقود النووي- أي اليورانيوم- محلياً وهذا يتطلب تكثيف الجهد لتحديد كميات اليورانيوم المتوفرة أو التي يمكن توفيرها من خامات المواد النووية الأساسية لتـصنيع الوقود النووي وكذلك يجب أن توجه الجهود إلى تحسين وتطوير وسائل الكشف عـن خامات اليورانيوم وخامات المواد النووية الأخرى باستخدام أحدث الوسائل التكنولوجية

ودراسة أفضل الطرق لاستخراج هذه المواد الإستراتيجية الهامة حتى يمكن تأمين البرنامج النووي القومي بتوفير الوقود اللازم سواء حالياً أو على المدى البعيد من الخامات المحلية.

وقبل البدء في عرض مصادر اليورانيوم في مصر واحتمالاتها فإنه يجدر أن نستعرض أنواع رواسب اليورانيوم في العالم والتي يتم استخراجه واستخلاصه منها في المناجم المنتشرة في دول كثيرة من العالم وذلك حتى يمكن التعرف على نوعيات الصخور الحاملة لليورانيوم وظروف تكوينه وطرق استخلاصه حتى يمكن الاستفادة بهذه المعلومات ومقارنتها بالظروف الجيولوجية بمصر.

رواسب اليورانيوم في العالم:

يمكن تقسيم رواسب اليورانيوم في العالم إلى خمسة أنواع حسب نوعية البيئة والصخور الحاملة لليورانيوم كما يلي:

١- رواسب اليورانيوم في الصخور الرسوبية:

مثل صخور الحجر الرملي والطفلة السوداء وهذه النوعية من الرواسب يكون لها أحجام كبيرة وذلك لأنها تمتد عادة على مسافات طويلة وأعماق مختلفة ويستخرج اليورانيوم من هذا النوع في دول كثيرة من العالم أهمها: الولايات المتحدة الأمريكية وكندا واستراليا وجنوب أفريقيا والاتحاد السوفيتي والنيجر.

٢- رواسب اليورانيوم في الصخور الجرانيتية والصخور الأخرى المماثلة:

ويتواجد اليورانيوم في صخور الجرانيت عادة على هيئة عروق حاملة لمعادن اليورانيوم الأولية أو الثانوية وتكون نسبة اليورانيوم مرتفعة ورواسب اليورانيوم في هذا النوع من الصخور تكون ذات أحجام صغيرة نسبياً إذا قورنت بتلك في الصخور الرسوبية ولكنها تحتوي على نسبة أكبر من اليورانيوم ويشكل هذا النوع المصدر الرئيسي لإنتاج اليورانيوم في فرنسا وأسبانيا والبرتغال كما أنه يعتبر من المصادر الهامة في دول أخرى.

٣- رواسب اليورانيوم في أسطح عدم التوافق:

هذه النوعية من رواسب اليورانيوم. تتواجد في استراليا وكندا ويوجد اليورانيوم على الحدود الفاصلة بين صخور القاعدة والغطاء الرسوبي ويتميز هذا النـــوع بنـــسبة عالية من اليورانيوم تصل إلى ٨% في بعض رواسب كندا.

ونظراً للاكتشافات الحديثة عن هذه النوعية من رواسب اليورانيوم فقد شاركت كميات اليورانيوم المنتجة من رواسب اليورانيوم في أسطح عدم التوافق بنسبة كبيـــرة نسبياً من الإنتاج العالمي وذلك لكبر حجم الرواسب المكتشفة من هذا النوع.

٤- رواسب اليورانيوم السطحية:

ويتواجد ها النوع من الرواسب في المناطق الـــصحراوية وشـــبه الـــصحراوية وتكون اليورانيوم على هيئة معادن ثانوية عادة نتيجة لترسب اليورانيوم الـــذائب فـــي المياه السطحية الحاملة له ونتيجة لذلك فإن نسبة اليورانيوم فـــي هـــذه النوعيـــة مـــن الرواسب تكون عادة منخفضة إذا قورنت بتلك في رواسب اليورانيوم فـــي الـــصخور الجرانيتية أو رواسب اليورانيوم في أسطح عدم التوافق إلا أن أهمية رواسب اليورانيوم السطحية ترجع إلى سهولة عملية الاستغلال وكذلك سهولة عملية الاستخلاص ومن أهم مناطق تواجد هذا النوع في الرسوب غرب استراليا.

٥- اليورانيوم كناتج ثانوي من رواسب أخرى:

يمكن استخلاص اليورانيوم كناتج ثانوي من بعض مصادر الثروة المعدنية وذلك عند معالجتها ومن أهم تلك المصادر الفوسفات ومعـــدن المونازيـــت (وهـــو مـــصدر للعناصر الأرضية النادرة) وبالرغم من أنه لا يوجد حالياً إنتاج ملموس لليورانيوم مـــن هذه المصادر إلا أن دولاً كثيرة تولي اهتماماً كبيراً لدراستها ووضع الخطط المستقبلية لاستغلال هذا النوع من الرواسب كمصدر لليورانيوم لاستغلاله عند نضوب المـــصادر الأساسية أو زيادة تكلفة الإنتاج.

مصادر اليورانيوم في مصر:

إذا أردنا التعرف على مصادر اليورانيوم في مصر فيجب الأخذ في الاعتبار المؤشرات التي تتصل بطبيعة تكوين اليورانيوم في مصر وأهمها:

١- طبيعة مصر الجيولوجية وذلك من ناحية تصور دقيق لتوزيع الأنواع المختلفة من الصخور في جمهورية مصر العربية والتراكيب التي تحتوي عليها. وبصفة عامة فإن الصخور النارية والمتحولة تظهر في الجزء الشرقي من الصحراء الشرقية وفي جنوب سيناء في حين تظهر الصخور الرسوبية في معظم الأجزاء الباقية. تتواجد حزام من الفوسفات والصخور الفوسفاتية في الصحراء الغربية ووادي النيل والصحراء الشرقية.

٢- الارتباط بين توزيع اليورانيوم والظواهر الجيولوجية في كل نوع من أنواع رواسب اليورانيوم وتطبيق ذلك على طبيعة مصر الجيولوجية وتوزيع الأنواع المختلفة من الصخور.

٣- نتائج الدراسات السابقة والبيانات والإحصائيات التي تم التوصل إليها من أعمال الكشف التي قامت بها هيئة المواد النووية أو الجهات الأخرى التي تقوم بدراسات جيولوجية في الصحاري المصرية.

وإذا أخذنا كل هذه الاعتبارات موضع الدراسة والتحليل وبمقارنة للظواهر الجيولوجية والتركيبية بالصحاري المصرية بتلك الحاملة لليورانيوم في مناطق مختلفة من العالم وبالخبرة المصرية في هذا المجال ومن نتائج الدراسات وأعمال الكشف التي تمت حتى الآن فإنه يمكن القول بأن مصر لديها احتمالات جيدة لتواجد اليورانيوم واستخراجه كناتج أساسي من خاماته أو كناتج ثانوي من خامات أخرى. كل هذا إذا اتخذت الخطوات الجدية على الأسس العلمية السليمة للتوصل إلى تحديد مناطق تواجد الأنواع المختلفة من رواسب اليورانيوم وتقييمها اقتصادياً وإعدادها للاستخراج.

وفيما يلي ملخص لمصادر اليورانيوم حسب نوعية الصخور الحاملة له:

أولا: اليورانيوم في صخور الجرانيت:

إذا استعرضنا نتائج أعمال الكشف عن الخامات النووية بالصحاري المصرية نجد أن أهم الصخور الحاملة لليورانيوم والتي تحتوي على تمعدنات لليورانيوم هي صخور الجرانيت وبصفة خاصة ما يسمى بالجرانيت الوردي الذي يعتبر الجرانيت الحديث كبير لتواجد رواسب اليورانيوم ذات أحجام اقتصادية من الممكن أن تشكل موارد معقولة من معدن اليورانيوم.

هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فإنه بمقارنة الظروف التي تكون فيها هذا النوع من الجرانيت في مصر والظواهر التركيبية والجيوكيميائية له بظروف أنواع الجرانيت الحامل لليورانيوم في جهات مختلفة من العالم وبالأخص في فرنسا فإنه يمكن القول إن احتمالات اكتشاف خامات اليورانيوم في الجرانيت الوردي كبيرة.

وقد أثبتت النتائج وجود معادن ثانوية لليورانيوم وكذلك معادن أولية في بعض المناطق في صخور الجرانيت الوردي وجاري تنميتها في الوقت الحالي لتقييمها والتوصل إلى معرفة امتدادات تمعدنات اليورانيوم في الأعماق.

ومن أهم مناطق تواجد اليورانيوم في صخور الجرانيت منطقة المسيكات العريضة بالصحراء الشرقية وتقع هذه المنطقة في الحزام الجرانيتي الواقع بين منتصف طريق قنا – سفاجا حتى طريق فقط – القصير والمنطقة تحتوي على جبال جرانيتية ذات خصائص معدنية وجيوكيميائية معينة فيما يسمى بالجرانيت الوردي الحديث.

وقد اكتشف اليورانيوم في منطقة وادي عطا الله في الجزء الشرقي من الحزام الجرانيتي في سنة ١٩٧٠ وبمداومة أعمال الكشف بالمنطقة اكتشفت معادن ثانوية لليورانيوم في منطقتي المسيكات والعريضية وتظهر عادة على السطح في عروق وتشققات بصخور الجرانيت وتبين من متابعة التمعدنات وجود بعض ظواهر المعادن الأولية (البتشبلند) من النوع المؤكسد وذلك لقربه من السطح.

وفي تقدير هيئة المواد النووية أن منطقة المسيكات والعريضية من أهم مناطق ظهور اليورانيوم في مصر ويجب أن تعطي الأهمية الأولى في الدراسات المكثفة لتنميتها والتوصل إلى تحديد كمية الخام التي يمكن استخراجه كل ذلك بناء على شواهد كثيرة من أهمها كبر أحجام كتل الجرانيت وتعددها ووجود التراكيب المناسبة الحاملة

لليورانيوم ووجود المعادن الثانوية لليورانيوم على السطح ووجود المعادن الأولية في الأعماق ووجود الظروف الملائمة لترسيب اليوارنيوم.

وتوصلت الدراسات على صخور الجرانيت الوردي إلى نتائج هامة أمكن اعتباره (جرانيت خصب) وذلك إذا قورن بالجرانيت الخصب الذي يحتوي على كميات كبيرة من معدن اليورانيوم جاري استغلالها في أنحاء متفرقة من العالم وفي فرنسا بصفة خاصة.

ومن الاكتشافات الهامة في صخور الجرانيت الوردي منطقة أم آرا والتي تبعد حوالي ١٨٠ كم في اتجاه الجنوب الشرقي من أسوان وتحتوي صخور الجرانيت على تمعدنات أولية لليورانيوم أساساً معدن البتشبلند بالإضافة إلى معادن اليورانيوم الثانوية منتشرة بين حبيبات الصخور الجرانيتية الغنية بمعدن الفلوريت الأخضر والبنفسجي وكذلك تتواجد تمعدنات اليورانيوم على هيئة عروق صغيرة تملأ الشقوق وبعض الفوالق.

ومن الاكتشافات الحديثة معادن اليورانيوم التي تظهر في صخور الجرانيت الوردي بمنطقة مجال جبريل والتي تبعد حوالي ٤٠ كم إلى الشمال الغربي من منطقة أم آرا.

ويجري في الوقت الحالي تنمية منطقتي أم آرا وجبل جتار لتتبع تمعدنات اليورانيوم في الأعماق والتوصل إلى تحديد حجم رواسب اليورانيوم وكمية اليورانيوم التي يمكن استخلاصها.

وتجدر الإشارة إلى وجود ظواهر جيولوجية وتركيبية مشجعة لمثل هذه التمعدنات لليورانيوم في صخور الجرانيت بشبه جزيرة سيناء.

هذا بالإضافة إلى بعض الاكتشافات الأخرى بصخور الجرانيت الوردي بمناطق البكرية وأبو جرادي وغيرها.

من هذا يتبين أن صخور الجرانيت الوردي تعطي أهمية كبيرة في الوقت الحالي ضمن برامج هيئة الموارد النووية ويتم تقييم اليورانيوم في هذه النوعية من الصخور على مرحلتين:

المرحلة الأولى:

وتتم فيها الدراسات التفصيلية السطحية وتحت السطحية لمناطق الجرانيت الوردي التي ظهرت بها تمعدنات اليورانيوم مثل مناطق المسيكات والعريضية وأم آرا وجبل جتار وذلك بغرض تنميتها وتقييمها وتحديد كمية اليورانيوم الموجود بها والإعداد لعملية استخراجه.

المرحلة الثانية:

وهي مرحلة تتم خلال تنفيذ المرحلة الأولى وتشمل على دراسات سطحية إشعاعية وجيولوجية وتركيبية لكتل الجرانيت الوردية بالصحراء الشرقية وسيناء ومقارنتها بمناطق مماثلة لتواجد اليورانيوم مثل المسيكات والعريضية وذلك تمهيداً لعمل الدراسات لتقييمها وتنميتها في حالة العثور على نتائج مشجعة.

ومن الإهمية في هذا المجال الإشارة إلى اكتشافات اليورانيوم الأولى في مصر في أوائل الستينات والتي ظهرت في صخور البوستونيت بمناطق متفرقة بالصحراء الشرقية من أهمها وادي العطشان ووادي كريم جنوب غرب القصر وقد ظهرت بها تمعدنات ثانوية لليورانيوم على السطح وأثبتت أعمال الحفر والأعمال المنجمة وجود معادن البتشبلند في الشقوق التي تحتوي عليا صخور البوستونيت . ومن التقييم الشامل لهذه النوعية من التمعدنات يمكننا القول إنه توجد رواسب لليورانيوم بصخور البوستونيت ولكنها رواسب ذات أحجام صغيرة من الصعب استغلالها اقتصادياً إلا إذا توافرت مناطق أخرى شبيهة ومتكررة بحيث ينتج حجم كاف من خام اليورانيوم يمكن استغلاله اقتصادياً.

ثالثا: اليورانيوم في الصخور الرسوبية

بالرغم من الصخور الرسوبية في أنحاء كثيرة من العالم تحتوي على تمعدنات لليورانيوم يجري استغلالها بطريقة اقتصادية إلا أن الصخور الرسوبية في مصر لم تظهر حتى الآن نتائج مشجعة من ناحية احتوائها على تمعدنات لليورانيوم . هذا بالإضافة إلى أن أعمال الكشف على اليورانيوم كانت موجهة بصفة خاصة إلى الصخور النارية والمتحولة أي صخور القاعدة.

وقد أثبتت نتائج المسح الإشعاعي لمنطقة الواحات البحرية بالصحراء الغربية بعض النتائج المشجعة نسبياً وذلك لاكتشاف تمعدنات لليورانيوم بمنطقة جبل الهفوف بالإضافة إلى اكتشافات مناطق ذات أهمية خاصة بمنطقة وادي عربة شمال الصحراء الشرقية تحتوي على بعض النشاطات الإشعاعية.

وتستمر هيئة المواد النووية في دراسة الصخور الرسوبية بمناطق شبه جزيرة سيناء وشمال الصحراء الشرقية والواحات البحرية بالصحراء الغربية للتعرف على إمكانياتا من ناحية التمعدنات المشعة بصفة عامة وتواجد اليورانيوم بصفة خاصة.

ثانياً : اليورانيوم في صخور الفوسفات:

تحتوي صخور الفوسفات المصرية على نسب متفاوتة من اليورانيوم تصل في بعض الأحيان إلى ما يزيد على ١٠٠ جزء في المليون وعلى هذا ألأساس فإن الفوسفات المصري يعتب رمصدراً لليورانيوم كناتج ثانوي أثناء عملية تصنيع الأسمدة حيث يمكن استخلاص اليورانيوم خلال تصنيع حامض الفوسفوريك من خام الفوسفات.

وتتميز عملية استخلاص اليورانيوم من صخور الفوصفات عن استخلاصه من الخامات التقليدية بميزتين رئيستين:

" انخفاض عامل الزمن : حيث يستغرق إعداد المناجم التقليدية للتشغيل التجاري حوالي عشر سنوات في حين ينخفض هذا الزمن في حالة إنتاج اليورانيوم من مصانع إنتاج حامض الفوسفوريك إلى ما ين ٣ و ٥ سنوات.

انخفاض الاستثمارات المطلوبة حيث تمثل تكاليف استخراج اليورانيوم من مصانع إنتاج حمض الفوسفوريك حوالي ١٠% فقط من تلك المطلوبة في حالة المناجم التقليدية ويعود هذا إلى أن تكاليف التعدين والتصنيع والإذابة يتحملها المنتج الرئيسي.

تهتم دول العالم باستخلاص اليورانيوم من صخور الفوسفات بما في ذلك الدول المستوردة للخام والتي تفتقر إلى وجود خامات فوسفات في أراضيها مثل بلجيكا وأسبانيا وذلك للمساهمة في توفير جزء من الوقود النووي اللازم لتشغيل المحطات النووية لتوليد الكهرباء من ناحية كما يؤدي ذلك إلى عدم تلوث البيئة الزراعية باليورانيوم وعناصر التحلل الإشعاعي المصاحبة له في خامات الفوسفات والتي سوف يؤدي استخدام الأسمدة الفوسفاتية إلى تراكمها بمرور الزمن.

تقنية استخلاص اليورانيوم

يتم تصنيع سماد السوبر فوسفات الأحادي الذي لا يحتوي سوى علـــى ١٥ أو ١٦% من خامس أكسيد الفوسفات – بمعالجة الخامات بكمية من حامض الكبريتيك تكفي فقط لتحويل معدن ثلاثي فوسفات الكالسيوم غير الذائب إلى أحادي فوسفات الكالسيوم القابل للذوبان وذلك في شكل عجينة غليظة القوام– دون المرور على وسط سائل بـــالمرة – وفي هذه الحالة يتوزع اليورانيوم هناك جنباً إلى جنب مـــع بـــاقي عناصـــر السلـــسلة الإشعاعية مع السماد والجبس في الأراضي الزراعية، ولكن على الناحية الأخرى فـــإن تصنيع سماد السوبر فوسفات الثلاقي – الذي تزيد نسبة خامس أكسيد الفوسفات فيه على ٣٠% – يتم بمعالجة الخامات بحامض الفوسفوريك الذي يتم إنتاجه كوسيط بمعالجـــة جزء آخر من الخام بكمية كافية من حامض الكبريتيك فيما يسمى بالطريقة المبتلة.

يذوب اليورانيوم الموجود في صخور الفوسفات سواء كان في حالة التأكسد الرباعية أو السداسية في حامض الفوسفوريك الناتج كوسيط بالطريقة المبتلة ويظـــل مـــصاحباً للفوسفات بالكامل حتى مرحلة تصنيع السماد في حين تتخلف عناصر السلسلة الإشعاعية في الجبس الناتج الذي يفصل عن الوسط الحمضي السائل بالترشيح وبذلك يمكن عزله بطريقة آمنة ومعالجته حتى يتم الاستفادة به اقتصادياً.

تعتمد الطرق العالمية لاستخلاص اليورانيوم تجارياً على إضـــافة أحـــد المـــذيبات العضوية إلى حامض الفوسفوريك المخصص (٢٨/ – ٣٠% خامس أكسيد الفوسفور) الناتج مباشرة من المرشحات حيث ينتقل اليورانيوم الذائب في الوسط الحمـــضي إلـــى المذيب العضوي بسهولة وتنقسم تلك الطرق إلى ثلاثة أنواع رئيسية حسب نوع المذيب المستخدم وذلك كما يلي:

(أ) مصانع تستخدم استرات حمض البيرو فوسفوريك مثل أو كتيل حامض البيرو فوسفوريك وهذه أقدم الطرق التي تم تطبيقها لاســـتخلاص اليورانيـــوم مـــن صخور الفوسفور وتستخدمها شركة بكينـــي الفرنـــسية وشـــركة جـــاردينير الأمريكية وعيب هذه الطريقة سرعة تميؤ المـــذيب إلا أنـــه أقـــل المـــذيبات العضوية تكلفة.

(ب) مصانع تستخدم استرات حمض فينيل الفوسفوريك. وقد تم تطبيقها في مدينة مولبري بفلوريدا وفي مدينة كالجاري بكندا ودرجة تميؤ المذيب هنا أقل من الطريقة السابقة.

(ت) مصانع تستخدم مزيجاً من إيثيل هكسيل الفوسفوريك مع ثلاث أو كتيل أكسيد الفوسفين ورغم ارتفاع سعر هذا المزيج إلا أنه يتميز بارتفاع درجة ثباته من ناحية وبارتفاع معامل توزيع اليورانيوم بين الوسط الحمضي والمذيب العضوي من ناحية أخرى وتستخدم هذه الطريقة شركات وستنجهاوس وفري بورت وبرايون.

يتم حالياً في بعض الشركات الأمريكية دراسة تقنية جديدة لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك تعرف بالأغشية السائلة يتم فيها تجزئة الوسط العضوي إلى كريات صغيرة تحيط كل منها بوسط مائي ثم ينتشر هذا المستحلب بالوسط الحمضي وتتميز هذه الطريقة بإمكانية تطبيقها على الحامض مباشرة دون الحاجة إلى إزالة المواد العضوية منه أو تبريده علاوة على انخفاض مراحل الاستخلاص والاسترجاع وزيادة تركيز اليورانيوم.. الخ ، مما ينعكس أثره على خفض تكلفة الإنتاج ورغم ثبوت نجاح تلك الطريقة على المستوى نصف الصناعي إلا أنه يتم بعد تطبيقها على المستوى التجاري.

تنقسم مصانع إنتاج حامض الفوسفوريك من الناحية الاقتصادية إلى قسمين رئيسيين وذلك استناداً إلى السعر العالمي لليورانيوم لعام ١٩٧٩وذلك كما يلي:

(أ) مصانع ذات إنتاج كبير وتمثلها المصانع الأمريكية والمصانع الحديثة وهي التي يصل إنتاجها السنوي إلى حوالي ١٥٠,٠٠٠ طن من حامض أكسيد الفوسفور وفي تلك المصانع يمكن استخلاص اليورانيوم مع تحقيق ربح اقتصادي.

(ب) مصانع ذات إنتاج كبير وتمثلها المصانع الأمريكية والمصانع الحديثة وهي التي يصل إنتاجها السنوي إلى حوالي ١٥٠,٠٠٠ طن من حامض أكسيد الفوسفور وفي تلك المصانع يمكن استخلاص اليورانيوم مع تحقيق ربح اقتصادي.

مصانع ذات إنتاج صغير وتمثلها معظم المصانع الأوروبية وهي التي يتراوح إنتاجها السنوي ما بين ٣٠,٠٠٠ و ٥٠,٠٠٠ طن من خامس أكسيد الفوسفور وهنا تعتمد اقتصاديات استخلاص اليورانيوم على عوامل أخرى مثل عدم تلوث البيئة من ناحية واستراتيجية العنصر من ناحية أخرى.

استخلاص اليورانيوم من صخور الفوسفات في مصر

تعمل في تعدين خامات الفوسفات في مصر حالياً ٥ شركات هي شركة فوسفات البحر الأحمر وشركة النصر للفوسفات والشركة المالية والصناعية المصرية وشـــركة مصر للفوسفات علاوة على شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية في حين تعمل في تصنيع الأسمدة الفوسفاتية ٣ مصانع تعتمد على خامات وادي النيل وهي مصنع كفر الزيات ومصنع أسيوط ومصنع أبو زعبل.

نظراً إلى أن مصنع شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية هو الوحيد فـــي مصر الذي يقوم بتصنيع حامض الفوسفوريك كوسيط في صناعة سماد السوبر فوسفات الثلاثي فقد أصبح الباب مفتوحاً أمام هيئة المواد النووية لاستخلاص اليورانيـــوم مـــن الحامض المنتج.

تبلغ الطاقة الإنتاجية لمصنع شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية حوالي ٧٠,٠٠٠ طن خامس أكسيد الفوسفور سنوياً أي بمتوسط حوالي ٢٠٠ طـــن يوميـــاً – وذلك نتيجة تصنيع ٢٥٠,٠٠٠ طن خام فوسفات سنوياً (٢٨% خامس أكسيد الفوسفور) – ومن المستهدف في الخطة الخمسية الثانية ١٩٩٢/٨٧ مضاعفة هذا الإنتاج وبالتالي اليورانيوم المصاحب له.

طبقاً لنسبة اليورانيوم في الخام التي تبلغ حوالي ٦٠جرام/ طن وفي المتوســـط فإن اليورانيوم التي يمكن استخلاصها سنوياً تصل إلى حوالي ١٥ طنـــاً (أو ٣٠ طنـــاً سنوياً في حالة مضاعفة إنتاج مصنع الفوسفوريك).

وبالنظر إلى أن هيئة المواد النووية هي الهيئة المسئولة عـــن تـــوفير الوقـــود النووي اللازم لتشغيل المحطات النووية لتوليد الكهرباء فإن الخطة الخمـــسية الثانيـــة للهيئة تتضمن في بداياتها تركيب وتشغيل خط إنتاج اليورانيوم بمصنع شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية لمعالجة كامل إنتاجه من حمض الفوسفوريك – الأمر الـــذي يساهم في توفير جزء من الوقود النووي المطلوب علاوة على المساهمة في عدم تلوث البيئة.

قامت الهيئة في سبيل تنفيذ تلك الخطة بتشكيل لجنة مشتركة من الهيئة وشركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية في أبريل عام ١٩٨٦ وذلك بهدف إعداد الخطوات

والبرامج اللازمة نحو تجهيز دراسة اقتصادية فنية لتغذية استخلاص اليورانيوم من حامض الفوسفوريك المنتج بمصنع الشركة بأبي زعبل.

قامت اللجنة المشتركة بتجديد نوعية الدراسة المطلوبة وقامت بصياغتها في شكل كراسة سابق خبرة وتم طرحها للشركات والمكاتب المتخصصة في أواخر سبتمبر عام ١٩٨٦ حتى يمكن تحديد بعض الشركات المؤهلة لتلك المهمة.

تقوم اللجنة حالياً بإعداد كراسة الشروط والمواصفات التي سوف يتم إرسالها للشركات المؤهلة بعد اختيارها من الشركات المتقدمة وبحيث تحتوي تلك الكراسة على شروط الدراسة المعملية وشبه الصناعية والتي تشمل تحديد المواصفات الفنية والهندسية للوحة التشغيل بما في ذلك وصف المعدات والآلات اللازمة لخط الإنتاج الكامل لليورانيوم – بالإضافة إلى ذلك قد تتعرض الدراسة المطلوبة لتحديد إمكانية استخلاص عناصر اقتصادية أخرى وخاصة الأرضيات النادرة وكذلك إلى طرق معالجة أي مخلفات إشعاعية ثم توقفت هذه الأنشطة تماماً في التسعينات وتم وأد المشروع تماماً ودفنه دون إبداء أي أسباب.

رابعاً: اليورانيوم في الرمال السوداء

توجد الرمال السوداء في الساحل الشمالي ما بين رشيد غرباً ورفح شرقاً، وتحتوي هذه الرمال على معادن اقتصادية هي حسب أهميتها:

الروتيل والزركون والمونازيت والماجنيت والجارنيت والألمنيت، يضاف إليها الذهب والكاستريت الذين تم التحقق من وجودهما في منطقة محددة، وتجري حالياً دراسات لتتبع وجودها في باقي المناطق وتصل نسبة مجموع هذه المعادن إلى ٣٠% في الرمال السوداء في مناطق محددة (عند مصب رشيد مثلاً) ولكن يمكن اعتبار هذه النسبة حوالي ٥% في المناطق المرشحة للاستغلال، أما عن الاحتياطيات فهي تكاد تكون غير محددة إذا أخذنا في الاعتبار الرمال الموجودة تحت الماء والرمال الموجودة في الكثبان الرملية.

ويوجد اليورانيوم في المونازيت المصري بنسبة حوالي ٠,٤٦% ولا تزيد نسبة المونازيت المصري نفسه في المعادن الاقتصادية على ٣% في أحسن الأحوال، فإذا فرضنا إقامة مصنع لمعالجة مليون طن رمال تحتوي على ٥% معادن اقتصادية يكون الناتج حوالي ١٥٠٠ طن مونازيت تحتوي على ٦ أو ٧ أطنان يورانيوم، تحتاج إلى

إقامة مصنع آخر أشد تعقيداً لاستخلاصها ، لذلك لا يعتبر المونازيت مصدراً لليورانيوم كناتج ثانوي إلا أن قيمته الحقيقية تكمن في العناصر الأرضية النادرة التي يحتوي عليها والتي تحتاج تكنولوجيا متقدمة لاستخلاصها وتنقيتها، ولهذا فإن الرمال السوداء تعتبر ثروة معدنية بصفة عامة.

وقد بدأت هيئة المواد النووية في خطة لاستغلال هذه الثروة القومية على مراحل، الأولى هي إنشاء مصنع لفصل وتنقية المعادن الاقتصادية ثم تسويقها، تتبعها مراحل أخرى لإدخال تكنولوجيا فصل اليورانيوم والثوريوم والعناصر الأرضية النادرة من المونازيت ، ثم التفكير في معالجة بعض المعادن الأخرى ، وإذا ما سارت الأمور حسب الخطة دون تعقيدات فمن الممكن أن يبدأ أول مصنع إنتاجه بعد بضع سنوات وطبعاً حدثت كثير من التعقيدات وتوقف المشروع.

وقد أثبتت الدراسة التي قامت بها شركة روبرتسون العالمية لحساب الهيئة إمكانية استغلال الرمال السوداء ، اقتصادياً على أساس إنتاج وتسويق معادن الزركون والمونازيت والروتيل فقط وهي معادن تهم الصناعات النووية في المقام الأول بالشروط الآتية:

١) استخدام معدلات عالية في التشغيل ١٠٠٠م٣ / ساعة
٢) ضمان احتياطي مؤكد من الرمال الحاوية لنسبة ٠,٢% زركون ، ١٢% روتيل للتشغيل لمدة عشر سنوات (العمر الافتراضي لماكينات المصنع أي حوالي ٨٠ مليون م٣).
٣) رأس المال المطلوب حوالي ٢٤ مليون دولار.

وقد بدأت الهيئة في تنفيذ الدراسات اللازمة لتحقيق الاحتياطيات اللازمة لاقتصاديات المشروع وما زال البحث جارياً ولا حول ولا قوة إلا بالله.

اليورانيوم
استخداماته- أثاره الضارة
و سلوكه في البيئة

يوجد اليورانيوم بكميات مختلفة فى الطبيعة فى الصخور – التربة – الماء – الهـواء. ويـأتى ترتيبه من حيث الوفرة الطبيعية رقم ٣٨ بين العناصر ، ويبلغ متوسط تركيـزه فـى القـشرة الأرضية ٤ × ١٠$^{-٤}$ % وزناً ، وغالباً يتركز فى الصخور النارية. وتحتـوى التربـة نـسبة تتراوح من ١,٢ × ١٠$^{-٥}$ الى ٩,٣ × ١٠$^{-٥}$ %. وأثناء عمليات التجوية يتحـول اليورانيـوم الى الصورة الذائبة ولذلك عادة تحتوى مياه الأنهار علـى حـوالى ٥ × ١٠$^{-٦}$ % يورانيـوم بينما تبلغ نسبته فى مياه المحيطات ١ × ١٠$^{-٧}$ %. واليورانيوم معدن ذو لون فضى رمـادى وذو صلابة مثل الصلب.

وفى الخامات الأولية ذات الأصول المتحولة يكون اليورانيوم خامات مترسـبة ولهـذا يوجد اليورانيوم فى أكثر من ١٠٠ معدن أهمها أكاسيد اليورانيوم وأملاح اليورانيوم مع كـل من الفانديوم والأحماض الفوسفاتية والسليكا والأرسنيك والتيتينيوم. وأهـم الخامـات علـى المستوى التجارى خام اليورونيت وخام البتشبلند والكارنوتيت كما فى جدول (١).

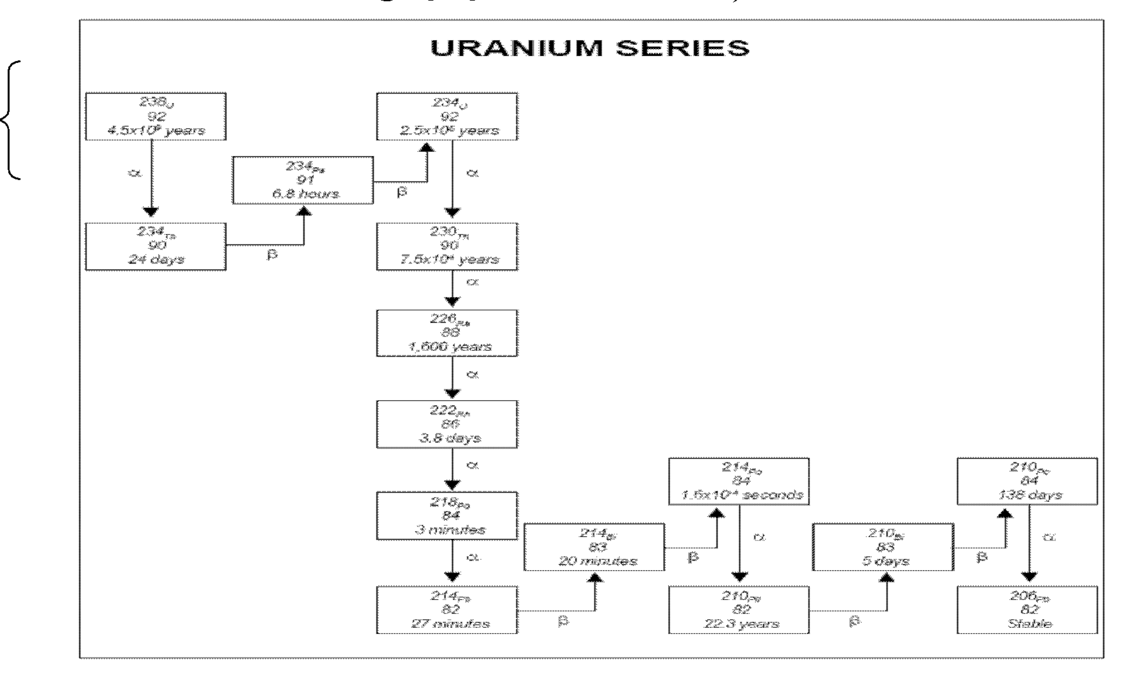
وما أن قارب القرن الماضى على الانتصاف حتى بدأت أنظار العلماء تتجه نحو النشاط الإشعاعى لليورانيوم وعملية الانشطار والتفاعل المتسلسل فى اليورانيوم–٢٣٥، وهـو واحـد من نظائر اليورانيوم الثلاثة المشعة المعروفة فى ذلك الوقت وهى: اليورانيوم–٢٣٨ ويوجـد بتركيز ٩٩,٢٨ % فى اليورانيوم الطبيعى (فترة عمر النصف ٥ بليون سنة). واليورانيـوم–٢٣٥ ويوجد بتركيز ٠,٧٢ % من اليورانيوم الطبيعى (فترة عمر النصف ٧٠٠ مليون سنة). واليورانيوم–٢٣٤ ويوجد بتركيز ٠,٠٠٥ % من اليورانيوم الطبيعى (فترة عمر النصف ٢٠٠ ألف سنة). والثلاثة نظائر لهم نفس الخواص الكيميائية مع اختلاف الخواص الإشعاعية.

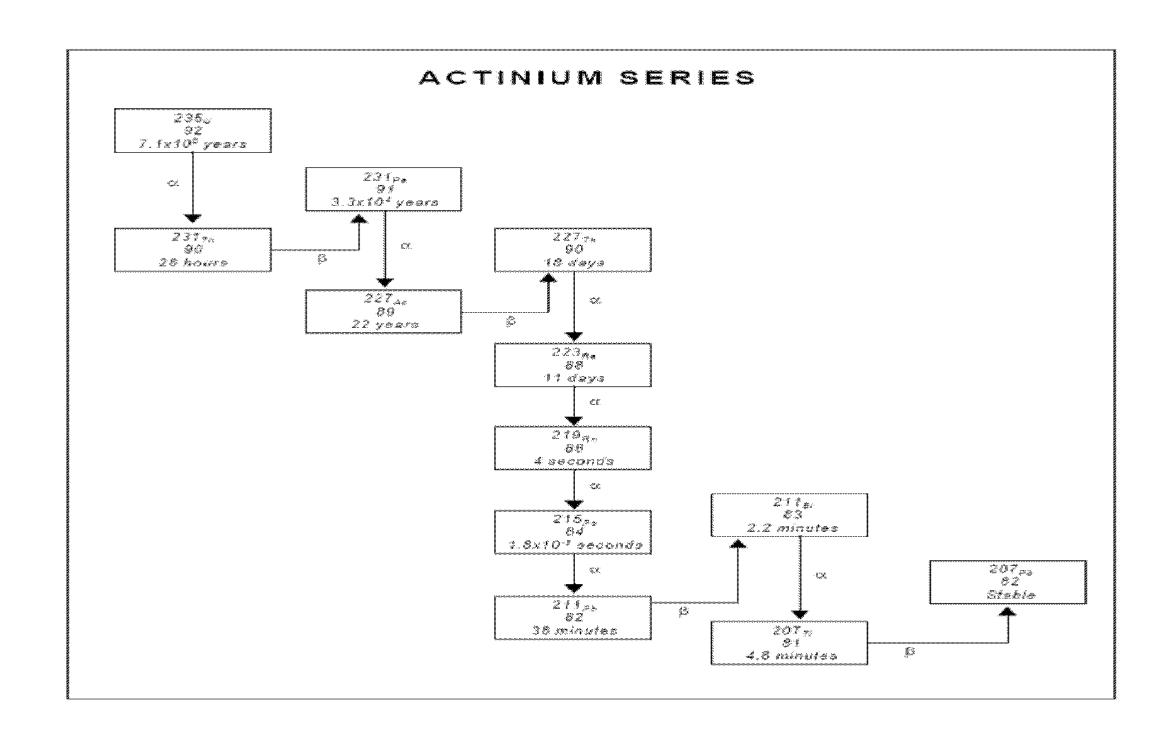
بعض معادن اليورانيوم ونسبة اليورانيوم بها

Mineral	Chemical composition	Percentage of uranium (%)
Uraninite	UO_2	45-85
Pitchblende	$UO_{2.2}$ $UO_{2.67}$ (U_3O_3)	Variable
Carnotite	$K_2 (UO_2)_2 (VO_4)_2 . nH_2O$	55
Autunite	$Ca (UO_2)_2 (PO_4)_2 . nH_2O$	45-55
Tyuyaniunite	$Ca (UO_2)_2 (VO_4)_2 . nH_2O$	50
Samarskite	$(U, Y, Ca, Th, Fe) (Nb, Ta)_2O_5$	8-16
Brannerite	$(U, Y, Ca, Th)_3 Ti_5 O_5$	Ca.40
Davidite	$(U, Fe, Ce) (Ti, Fe, V, Cr)_3 (O, OH)_7$	-
Kasolite	$Pb (UO_2)_2 SO_4 . H_2O$	7-40
Uranophane	$Ca (UO_2) Si_2 O_7 . 6 H_2O$	57
Torbernite	$Cu (UO_2) (PO_4)_2 . nH_2O$	50
Coffinite	$U (SiO_4)$ % $(OH)_4$ %	-
Zeunerite	$Cu (UO_2) (AsO_4)_2 . nH_2O$	50-53
Thucholite	Uranium oxide and hydrocarbons	Variable

ويتميز النظيرين يورانيوم-٢٣٨ ، ٢٣٥ بأن لهما سلسلة انحلال طويلة ينتج منها العديد مـــن العناصر المشعة كما بالرسم التالى:

سلسلة اضمحلال كل من ^{235}U , ^{238}U





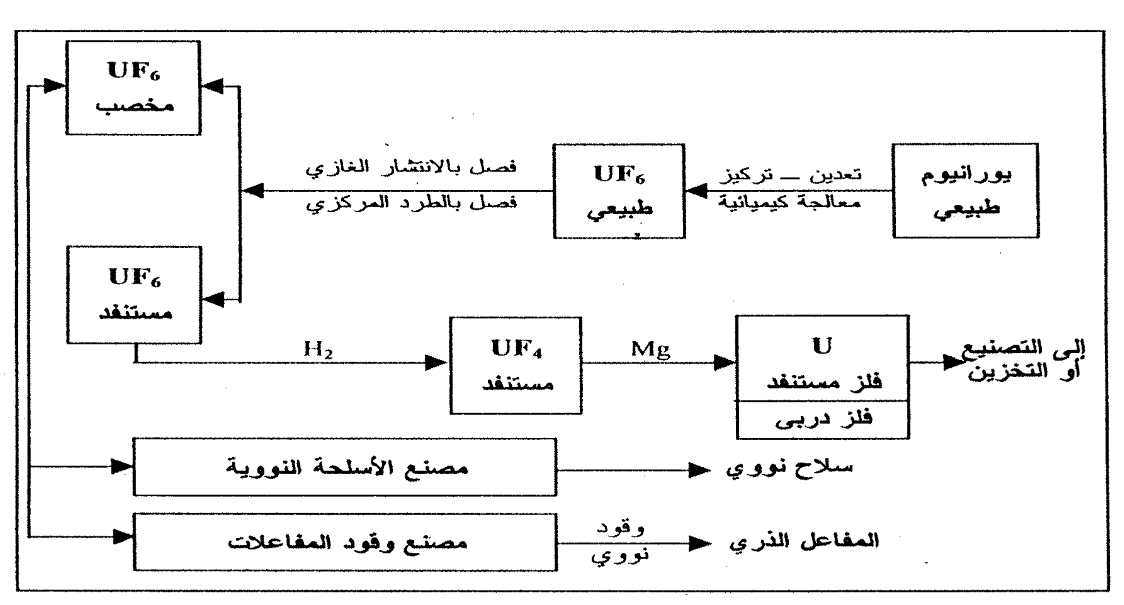
وكما بالرسم تتواجد هذه النويدات الممثلة فى الــ NORM والمتواجــدة طبيعيــاً فــى العديد من الخامات المستخدمة فى الصناعات مثل وتجميد اليورانيوم – التعدين – المــسابك – صناعة الفوسفات وخاماته – استخراج الفحم والبترول وإنتاج الطاقــة – اســتخراج المعــادن النادرة – صناعة أكاسيد التيتانيوم والزركونيوم والسيراميك ومواد البناء وتطبيقات الراديــوم والثوريوم المختلفة.

ويتميز اليورانيوم–٢٣٥ بقابليته للإنشطار بحيث تطلق الذرة المنشطرة نتــرونين علــى الأقل لكل نترون يمتص محدثاً عملية الانشطار بها. وفى مثل هذه الظروف التى يكون فيهــا عدد النترونات الناتجة أكبر من عدد النترونات الممتصة يمكن أن يستمر التفاعل الانــشطارى فى كتلة حرجة من اليورانيوم–٢٣٥ على هيئة تفاعل متسلسل تنتج منه كميــات كبيــرة مــن الطاقة ونواتج الانشطار الأخرى. ويمكن أن يكون التفاعل الانشطارى محكومــاً أى يجــرى تحت السيطرة وبمعدل محدد وهو ما يحدث عند تشغيل المفاعلات الذريــة، كمــا يمكــن أن يجرى التفاعل الانشطارى بدون سيطرة عليه تنطلق كميات كبيرة من الطاقة فى زمن متناهى فى القصر وذلك هو التفاعل المتسلسل غير المحكوم وهو الذى يستخدم عــادة فــى الأســلحة النووية المتفجرة.

وحتى يمكن إجراء التفاعل الانشطارى المتسلسل فى اليورانيوم فإنه من الــلازم رفــع نسبة اليورانيوم–٢٣٥ (اليورانيوم الانشطارى) فى اليورانيوم الطبيعى إلى أكثــر مــن ٩٠% (إثراء اليورانيوم) لتحضير ما يطلق عليه يورانيوم مرتفع التخصيب والــذى يلــزم لإعــداد المتفجرات النووية، أو إلى نسبة تتراوح بين ٣–٥% وبحد أقصى ٢٠% لتحضير مــا يطلــق عليه اليورانيوم منخفض التخصيب. وتجرى عمليــة التخــصيب عــادة باســتعمال طريقــة الانشطار الغازى أو طريقة الطرد المركزى فى منشآت باهظة التكاليف.

وعند إجراء عملية التخصيب يتكون اليورانيوم المخــصب، الــذى تزيــد فيــه نــسبة اليورانيوم–٢٣٥ عن النسبة الموجودة فى اليورانيوم الطبيعى، وتتكون كذلك كميات أكبر مــن اليورانيوم الذى تقل فيه نسبة اليورانيوم–٢٣٥ عن ٠,٧% ويطلق عليه عادة اسم اليورلنيــوم المستنفد أو المنضب. ولن تتجاوز الحقيقة إذا اعتبرنا أن ذلك النوع من اليورانيــوم خــارج دورة الوقود النوى، وبذلك يصبح فى عداد المواد غير المهمة نووياً. وقد ظل الأمــر كــذلك إلى أن أعيد مؤخراً استخدام اليورانيوم المستنفد فى تحضير ما يسمى بوقود الأكاسيد المختلطة للمفاعلات. ويبين الشكل رقم (١) خطوات تحضير اليورانيوم المخصب واليورانيوم المــستنفد من اليورانيوم الطبيعى. فبعد معالجة خام اليورانيوم بعمليات التركيز والمعاملــة الكيميائيــة

يتكون ما يسمى بالكعكة الصفراء التى تحول بعد ذلك إلى ثانى أكسيد اليورانيوم الذى يعالج فى النهاية لتحويله إلى سادس فلوريد اليورانيوم ، وهى مادة متطايرة تتحول الى الحالة الغازية بسهولة وتستخدم أساساً فى عمليات التخصيب، حيث ينتج بعد دورة تخصيب كاملة كميات من اليورانيوم المخصب (بالنسبة المطلوبة) وكذلك كميات أكبر من اليورانيوم المستنفد.



شكل رقم (1) شكل توضيحي لعمليات التخصيب وتكوين اليورانيوم المستنفد

ومن المهم أن نذكر أنه عند تحضير كيلو جرام من اليورانيوم منخفض التخصيب (الذى يحتوى ٢-٥% من اليورانيوم-٢٣٥) يتكون فى نفس الوقت من ٥ الى ١٠ كيلوجرامات من اليورانيوم المستنفد. وعندما تكون هناك حاجة لتحضير يورانيوم عالى التخصيب (٩٠% فأكثر من اليورانيوم-٢٣٥) لاستعماله فى إنتاج الأسلحة النووية أثناء الحرب الباردة، كان تحضير كيلو جرام واحد مخصب (بنسبة ٩٠% أو أكثر) يؤدى الى تكوين ٢٠٠ كيلو جرام من اليورانيوم المستنفد.

وبينما يتحول اليورانيوم المخصب إلى أماكن الاستخدام الرئيسية التى هى إما مصنع وقود المفاعلات أو مصانع إنتاج الأسلحة الذرية كانت الكميات الأكبر من اليورانيوم المستنفد على هيئة سادس فلوريد اليورانيوم تعالج كيميائياً لتحويلها إلى اليورانيوم المستنفد الفلزى الذى يطلق عليه اسم فلز دربى.

وقد كانت عمليات التخصيب تجرى على قدم وساق على مدى النصف الثانى من القرن العشرين فى عدد من الدول النووية وبشكل رئيسى فى الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد

السوفيتى والمملكة المتحدة وفرنسا وألمانيا الاتحادية بهدف تحضير يورانيوم مخصب بنسب مرتفعة لأغراض التسلح النووى ويورانيوم منخفض التخصيب لاستعماله كوقود للمفاعلات الذرية المستعملة فى أغراض البحث العلمى أو لإنتاج الطاقة. كما كانت هناك عمليات تخصيب على مستوى أقل فى كل من الصين وهولندا واليابان وجنوب أفريقيا بهدف إنتاج يورانيوم منخفض التخصيب.

ويتضح من تقرير لجنة خبراء دولية أن المخزون العالمى حتى عام ١٩٩٥ يقترب من ١,١ مليون طن من اليورانيوم المخصب، وهذا يمثل إنتاج فترة سباق التسلح والاندفاع الشديد فى عمليات التخصيب للحصول على كميات لها شأنها من اليورانيوم عالى التخصيب (HUE) من جانب الدول العظمى النووية.

وبعد انهيار الكتلة الشرقية وبقاء قوة عالمية وحيدة ومع الاتجاه الى تخفيض التسلح النووى على المستوى الدولى، فإنه من المنتظر أن تقل الحاجة إلى عمليات التخصيب مرتفعة الكفاءة خاصة وأن الاستخدامات المدنية فى المفاعلات يمكن أن تتم باستخدام اليورانيوم متوسط التخصيب من ٥-٣٠% من اليورانيوم-٢٣٥. ويجب ملاحظة أنه خلال الفترة ١٩٩٥-٢٠١٥م سيتراكم حوالى مليون طن إضافى من اليورانيوم المستنفد يجب وضعها فى الاعتبار. وسوف يستخدم اليورانيوم المستنفد للأغراض النووية وغير النووية إلا أن جزءاً كبيراً منه سيظل موجوداً حتى عام ٢٠١٥م.

المواصفات العامة لليورانيوم المستنفد :

١- يتميز اليورانيوم المستنفد بكثافته المرتفعة (١٨,٩٥ ميجا جرام/م^{٣}) التى هى أكبر من كثافة الرصاص وتساوى تقريباً كثافة التنجستن والذهب، وعلى ذلك فإن شريحة رقيقة من اليورانيوم المستنفد يمكن لها لأن تمتص كمية من الإشعاعات المخترقة (أشعة جاما) أكبر بكثير مما يمكن أن تمتصه شريحة ذات سماكة أكبر بكثير مصنوعة من الرصاص أو الحديد.

٢- اليورانيوم المستنفد أرخص سعراً بكثير من بعض الفلزات الثقيلة كالذهب والبلاتين.

٣- اليورانيوم المستنفد متوفر بكميات كبيرة (المخزون الحالى يبلغ مليون ومائه وعشرين ألف طن)، وإذا ظلت معدلات إنتاجه المعلنة فى ١٩٩٥ كما هى فسوف تتراكم منه كمية تقارب المليون طن خلال السنوات العشر القادمة.

المواصفات الفنية لليورانيوم المستنفد :

١- يمكن تشغيل فلز دربى بسهولة فى مختلف العمليات الصناعية مثل الصهر والسبك والبثق والدلفنة (الدرفلة) والتطريق والتشكيل فى قوالب باستخدام الطرق، كما يمكن معاملته بجميع وسائل تشغيل الفلزات مثل السحب كألواح والسحب كأنابيب، والتشكيل فى قوالب (Die forging) وكل هذه الأساليب تُجرى بسهولة أكبر كثيراً من حالة فلز التنجستن.

٢- ينصهر اليورانيوم المستنفد عند درجة حرارة ١٢٠٠ – ١٤٠٠ °م ويصب من قاع إناء الصهر بسبب وجود الأكاسيد طافياً على السطح.

٣- لليورانيوم المستنفد سبائك جيدة تساعد فى زيادة الصلابة أهمها :

(Ti 0.75-U) درجة الإنصهار ١٢٠٠ °م ، الكثافة ١٨,٦ ميجا جرام / م^{٣}.

(Mo 2-U) درجة الإنصهار ١١٥٠ °م ، الكثافة ١٨,٥ ميجا جرام / م^{٣}.

إن كل هذه الصفات والمواصفات لليورانيوم المستنفد تجعله من أجود المواد التى يمكن استخدامها فى حالة الحاجة إلى أجسام صغيرة الحجم ولكنها ثقيلة جداً بالنسبة لحجمها. وبسبب وجود اليورانيوم المستنفد بشكل وفير نسبياً ازدادت الاستخدامات الصناعية غير النووية له بالإضافة الى بعض الاستخدامات النووية فى السنوات القليلة الماضية.

استخدامات اليورانيوم المستنفد :

يستخدم اليورانيوم المستنفد فى عدد من المجالات نتيجة لمواصفاته وخصائصه المواتية التى أدت إلى تفضيله عن الكثير من الفلزات الأخرى، وفيما يلى عرضاُ لاستخداماته المختلفة:

أولاً : الاستخدامات العسكرية لليورانيوم المستنفد :

بسبب كثافته العالية يستخدم اليورانيوم المستنفد بشكل رئيسى فى تصنيع المقذوفات (القذائف) العسكرية التى تتميز بقدرتها الكبيرة على اختراق الأهداف بكفاءة شديدة. كما

استخدم اليورانيوم المستنفد كذلك فى تصنيع الدروع المنيعة للدبابات وناقلات الجنود. وما شجع هذة الدول علي ابتكار هذا السلاح الخطير هو ان اتفاقية منع انتشار السلاح النووي لم تجرم استخدام مثل هذا النوع من اليورانيوم علي اعتبار ان الاتفاقية تختص بالمواد الانشطارية فقط وبرغم انة سلاح نووي اثبتت التجارب العملية انة شديد الفتك والاختراق بعد خلطة ببعض المعادن الاخري ولكن لان اليورانيوم المستخدم فية من النوع الذي لا ينشطر فلم يدخل ضمن الاسلحة النووية الممنوعة او المجرمة دوليا وهذا مافوجي بة علماء الطاقة الذرية!! هذا علي الرغم من ان عمرة الاشعاعي اطول من عمر الكون والشمس والارض ويحتاج الي ٤٥ مليار سنة حتي تقل قدرتة علي الاشعاع والاذي.

وقد استخدمت هذه القذائف المقواة باليورانيوم المستنفد فى أثناء حرب الخليج حيث استخدمت ٩٤٠ ألف قذيفة طائرات بمقدمة من اليورانيوم المنضب بـ (٣٠ سم طول) في حرب الخليج الأولى ، وحوالى ١٤ ألف قذيفة دبابات مما أدى الى انتشار أكثر من ٨٠ طن يورانيوم فى البيئة بالبصرة فى العراق على الخصوص ونظرا لقدرة قذائف اليورانيوم علي اختراق الدروع وتميزة بانتاج حرارة عالية عند احتراقة تصل الي ٤ الاف درجة مئوية تفوق درجة انصهار الحديد كماينتج عنة غبار ذري يلوث الانسان والحيوان عندما يصلة عن طريق الاكل او المياه او التنفس او الجلد حيث تؤكد البحوث ان الدم والجهاز التناسلي يعتبران الاكثر حساسية لهذا النوع من الملوثات ثم يلي ذلك النخاع والجهاز الهضمي والعضلات والغريب ان المخ يعتبر اقل اجزاء الجسم تأثرا بالاشعاع بينما الحامض النووي يعتبر الاكثر تأثرا وهذا ما يفسر ولادة واصابة الاطفال بسرطان الدم في العراق واصابة الفتيات الصغار بسرطان المبيض والثدي بنسب تتجاوز ٦ اضعاف النسب المعروفة . ويجب الا نغفل ان دفن قذائف اليورانيوم المنضب في باطن الارض بعد انتهاء الغارة يؤدي الي وجود مصدر تلوث حيث يحدث تاكل للمقذوفات وتختلط بالتربة وتهدد المياه الجوفية والحياة عموما في هذة المواقع علي المدي الطويل. انماألقي علي العراق في حرب الخليج الثانية من هذة القنابل يقدر بـ ٣٠٠ طن واذا ما حولت هذة الكميات الي طاقة كهربائية فانها تكفي لاناره الولايات المتحدة الامريكية عاما كاملا فضلا عن انها تعادل نحو٦ قنابل ذرية من النوع الذي اسقط علي هيروشيما. والامر الخطير ان قذائف اليورنيوم المنضب موجودة وتنتج حاليا في العديد من الدول ومنها اسرائيل وهي تستخدمها ضد الفلسطينين كما استخدمتها امريكا في كوسوفو والبلقان وافغانستان.

أن تكلفة تنظيف البيئة من اثار هذا السلاح مكلفة جدا ولاتقدر عليها دولة بمفردها حيث اشارت التجارب العملية الي ان تنظيف مساحة ٢٠٠ هكتار من الارض تكلف ٤ بلايين دولار.

ثانياً : الاستخدامات السلمية لليورانيوم المستنفد :

أ- الاستخدامات غير النووية :

١- التدريع ضد الإشعاع :

يستخدم اليورانيوم المستنفد فى صناعة الحاويات التى تستخدم كأوعية فائقة المتانة لنقل الوقود المستنفد فى المفاعلات بمختلف أنواعه، وتكون هذه العلب عادة ثقيلة جداً (عدة آلاف من الكيلوجرامات) لتوفير الحماية الميكانيكية لمجموعات قضبان الوقود مرتفعة الإشعاعية الموجودة بداخلها بعد إخراجها من المفاعلات الذرية. كما أن هذه الأوعية تكون قادرة كذلك على تحمل وتوزيع الحرارة المولدة من عناصر الوقود المستنفد. وعادة ما تغلف هذه العلب بالصلب غير القابل للصدأ للحد من تآكلها ومنع التلوث. ويستخدم اليورانيوم المستنفد كذلك فى تصنيع الحاويات الصغيرة نسبياً المستعملة فى نقل النظائر والمصادر المشعة للأغراض الطبية والصناعية. وفى هذه الحالة يستخدم اليورانيوم المستنفد كبديل للرصاص، الذى ينبغى استخدام كميات كبيرة منه لصناعة دروع مكافئة لتلك المصنوعة من اليورانيوم المستنفد، أو كبديل للتنجستن الذى هو أكثر تكلفة وأكثر صعوبة فى التشغيل لإنتاج الأشكال المعقدة اللازمة للتدريع. ويستخدم اليورانيوم المستنفد كدرع وكذلك كمادة إنشائية للدرع. كما يستخدم اليورانيوم المستنفد كذلك على نطاق واسع فى تجهيزات التصوير الإشعاعى الصناعى لاحتواء وحجب المصادر المشعة القوية مثل الإريديوم-٩٢ والكوبلت-٦٠ والسيزيوم-١٣٧ المستخدمة فى هذه التقنيات.

٢- أثقال الموازنة :

تُستخدم هذه الأثقال فى الأدوات المستخدمة للسيطرة على حركة الأجسام الطائرة فى الهواء كالطائرات والصواريخ والمروحيات لكى تحافظ على مركز الثقل بها بأسلوب دقيق. ويستعمل اليورانيوم المستنفد فى كتل الموازنة فى ذيل وجناحى الطائرات وكذلك فى تحقيق توازن ريش محركات الطائرات المروحية. إن اليورانيوم المستنفد ليس خطيراً فى حد ذاته ولا توجد مخاطر مباشرة من استخدامه فى أسطح

التحكم فى الطائرات المدنية، ولكن الخطر مؤكد فى حالة وقوع الحوادث التى تشهد تحطم الطائرات واشتعال النيران فيها. وفى حالة سقوط الطائرات يصاحب ذلك عادة اشتعال النيران وهى التى تحول اليورانيوم المستنفد الموجود الى غبار قابل للإستنشاق مما يؤدى الى دخول ذلك الغبار الى جسم الإنسان وإصابته بالسرطان فى الرئة الذى يمكن أن ينتقل بعد ذلك الى كل أعضاء الجسم، خاصة العظام، كما أنه يمكن ن يدخل عن طريق الفم الى المعدة ومنها الى الأمعاء ثم ينتقل الى الدم كمادة سامة مسبباً الإصابة بالسرطان، كما أنه سُماً ضاراً بالكلى وكل أعضاء الجسم. وقد وقعت حوالى خمسون حادثة طيران من عام ١٩٧٠ الى الآن لطائرات البوينج ٧٤٧ فقط، وهى التى تُستخدم بكثرة فى خطوط النقل الدولية. وهناك ٥٥٠ تجهيزة يورانيوم مستنفد استخدمت فى تلك الطائرات خلال عشر سنوات فقط (١٩٦٨ – ١٩٨١)، ويصل وزن الأثقال فى طائرة البوينج الى حوالى ١٥٠٠ كجم وفى بعض الأحيان يستخدم التنجستن لاستكمال الموازنة وتخفيض كمية اليورانيوم المستنفد المستخدمة الى حوالى ٣٥٠ كجم. ويصل سعر التنجستن الى ١٥٠ $ للكيلوجرام، بينما لا توجد قيمة لليورانيوم المستنفد باعتباره نفاية.

٣- قضبان الغمر فى آبار البترول (Oil Well Sinker Bar) :

يُستخدم اليورانيوم المستنفد فى عمليات سبر آبار البترول من خلال استعماله فى قضبان الغمر ، التى تتكون من أثقال من اليورانيوم المستنفد مغلفة بالصلب تساعد على إنزال أجهزة وأدوات السبر الى أسفل فى ابار البترول التى تحتوى على سوائل عالية الكثافة لها قدرة كبيرة على الدفع لأعلى وبالتالى فهى تعوق عملية نزول الأجهزة الى أسفل، وتكمن أهمية استخدام اليورانيوم المستنفد فى كثافته العالية التى تساعد على تكون قضبان الغمر المعاونة صغيرة ولكنها ثقيلة فى نفس الوقت بدرجة كافية.

٤- استعمالات أخرى مختلفة :

يُستخدم اليورانيوم المستنفد فى تصنيع حافة الجزء الدوار من الجيروسكوب بكل نجاح من سبيكة من (Mo 8-U) مع البريليوم خفيف الوزن. كما جرى استخدام اليورانيوم المستنفد كذلك فى قضبان الثقب (Boring bars) وأدوات الخراطة لتخفيف الاهتزازات أثناء التشغيل. وتختلف مواصفات اليورانيوم المستنفد باختلاف طريقة الإنتاج ونوعية الشوائب مثل الكربون والسليكون والحديد والألومنيوم التى تؤثر على الخواص الميكانيكية، كما تتأثر الصلابة والقوة بدرجة كبيرة بأسلوب المعاملة الحرارية.

ب- الاستخدامات النووية :

١- إنتـــاج البلوتونيوم :

يُستخدم اليورانيوم المستنفد فى اليابان فى المفاعل السريع (Monju) على هيئة أغطية لتكوين البلوتونيوم، كما يستخدم فى المفاعل نفسه كعاكس.

$$\longrightarrow {}^{239}\mathbf{Pu} \xrightarrow{\beta} {}^{239}\mathbf{Np} \longrightarrow {}^{239}\overset{n}{\mathbf{U}} \qquad {}^{238}\overset{\beta}{\mathbf{U}}$$

وعادة ما يجرى هذا التفاعل كذلك فى المفـــاعلات العاديـــة كمـــا يجـــرى فـــى المفاعلات الولودة.

٢- وقود الأكاسيد المختلطة (MOX) :

يتكون الوقود المعتاد للمفاعلات الذرية من أقراص من ثانى أكـــسيد اليورانيـــوم الخزفى داخل غلاف من الزركالورى. ويحتوى ثانى أكـــسيد اليورانيـــوم علـــى نـــسبة مرتفعة قليلاً من U-235 تتراوح عادة بين ٣ – ٨ % وربما أكثر فى بعض الأحيـــان خاصة فى حالة مفاعلات القوى العملاقة حتى يمكن استمرار التفاعل المتسلـــسل فـــى الوقود داخل المفاعل. وبعد رفع نسبة اليورانيوم-٢٣٥ عن طريق التخـــصيب عمليـــة مكلفة جداً تستهلك الجزء الأكبر من تكلفة إعداد الوقود، لذلك ظهرت فكـــرة اســـتخدام البلوتونيوم-٢٣٩ كمادة انشطارية تضاف الى اليورانيوم المنـــضب بالنـــسبة المناســـبة لإعداد نوع حديث من وقود المفاعلات يسمى وقود الأكاسيد المختلطة.

ويتكون البلوتونيوم داخل قضبان الوقود فـــى المفـــاعلات أثنـــاء التـــشغيل مـــن اليورانيوم-٢٣٥ الذى يتواجد فى الوقود بنسبة لا تقل عن ٩٢ %، ويمتص نتروناً أثناء التشغيل فى المفاعل ليكون البلوتونيوم-٢٣٩ وما بعده من عناصر. ونظراً للاخـــتلاف الكيميائى بين اليورانيوم والبلوتونيوم فإنه يمكن فصلهما بسهولة أكثر من خلال عمليـــة إعادة معالجة الوقود النووى المستهلك التى هى أقل تكلفة بكثير من عمليـــة تخـــصيب اليورانيوم. يستخدم البلوتونيوم الناتج من إعادة المعالجة كعنصر انشطارى عند إعـــداد وقود الأكاسيد المختلطة بدلاً من اليورانيوم-٢٣٥ الموجود فـــى الوقـــود اليورانيـــومى العادى.

ويتكون وقود الأكاسيد المختلطة من خلط أكسيد اليورانيوم المنضب (الذى يحتوى على نسبة متدنية من اليورانيوم-٢٣٥ فى حدود ٠,٢ %) بنـــسبة ٩٢ – ٩٣ % مـــع أكسيد البلوتونيوم الناتج من إعادة المعالجة بنسبة ٧-٨ %، وهذا المخلوط يحتوى فـــى

النهاية على نسبة ٤-٥ % من البلوتونيوم الانشطارى، ويحول هذا المخلوط الى الحالة الخزفية بالمعالجة الحرارية. ومن الجدير بالذكر أن المستوى الإشعاعى لوقود الأكاسيد المختلطة أكبر من المستوى الإشعاعى لوقود ثانى أكسيد اليورانيوم بعد التصنيع ولذلك فهو يحتاج الى تدريع إضافى وحرص أكبر عند النقل والتداول. كما أنه عند وضعه فى المفاعل سوف تختلف خصائصه عند التشغيل عن خصائص الوقود العادى، وهو ما يتطلب بعض التعديل فى أساليب التشغيل ولكن هذه الاختلافات ليست كبيرة ويجرى تقليلها تدريجياً. ويمكن تقدير احتياجات مفاعلات القوى من وقود الأكاسيد المختلطة إذا علمنا أنه فى مفاعل بقدرة ٩٠٠ ميجا واط كهربائى يوجد ٥٢ مجموعة وقود، من بينها توجد ١٦ مجموعة من وقود الأكاسيد المختلطة تحتوى فى مجملها على ٣٩٠ كجم من البلوتونيوم مع ٧ أطنان من اليورانيوم المستنفد. وقد استهلكت المفاعلات الأوربية حتى الآن ٣٠٠ طن من وقود الأكاسيد المختلطة منها ٢٨٠ طن من اليورانيوم المستنفد. وسيساعد هذا النوع من الوقود على استهلاك البلوتونيوم المتراكم لدى الدول الكبرى، وبصفة خاصة اليورانيوم العسكرى الذى يمثل بقاؤه تهديداً لعملية منع انتشار الاسلحة النووية. إلا أن معدل استخدام اليورانيوم المستنفد فى مختلف أنواع الوقود لا يتناسب مع السرعة التى يجب أن يتناقص بها ذلك النوع من اليورانيوم حتى لا تتزايد عمليات الاستفادة به فى إنتاج القذائف والدروع فى المجالات العسكرية.

والسؤال الآن كيف نتعرض لجرعات من اليورانيوم فى حياتنا اليومية (كما بالرسم) ويمكن اختصارها فى الآتى :

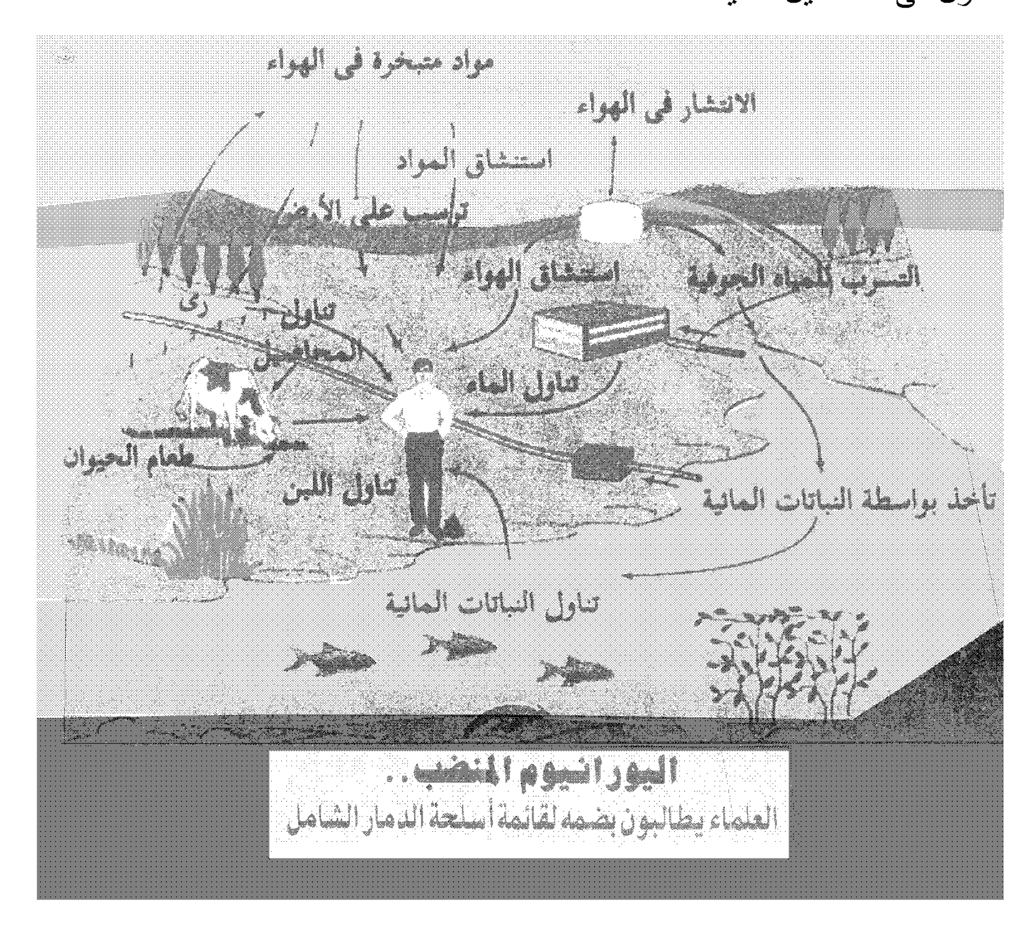
١- عن طريق استنشاق الغبار المعلق فى الهواء والملوث بجزيئات من غبار اليورانيوم (العاملين فى مصانع الفوسفات – اليورانيوم – المسابك .. الخ).

٢- شرب مياه ذات مستوى فوق الطبيعى من اليورانيوم.

٣- عن طريق الطعام الملوث الذى يحتوى مستويات أعلى من الطبيعى.

اخيرا خرجت الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن صمتها حيث اوضحت قلقها تجاة استخدام قذائف اليورانيوم المنضب ضد الشعوب في العمليات الحربية واعتبارة سلاحا ممنوعا دوليا. وطالب الدكتور محمد البرادعي بتكوين لجان متخصصة لمسح اماكن العمليات الحربية التي استخدم فيها هذا السلاح وذلك بعد ان ثبت لعلماء الطاقة الذرية ان هذة الاسلحة

تدخل ضمن اسلحة الدمارالشامل وذلك لشدة فتكها بالبيئة واوجة الحياة علـــي الارض حيــث يظل غبارها الذري عالقا بالجو (٧٠% من نواتج الانفجار تبقي عالقة في الجو وانتشاره مما يلوث الارض والزرع والحيوان والانسان ملايين السنين. كما اكدت المسوحات التي اجريت علي العديد من المناطق التي دارت بها حرب الخليج الي وجود مستويات اشــعاعية عاليــة علي سطح التربة واحتمالات تسربها الي المياة الجوفية والسطحية كما يظل غــاز الــرادون عالقا بالهواء وينتشر في الهواء الاف الكيلومترات. وكون اليورانيوم يمثل ســمية كيماويــة وخطورة إشعاعية معــاً ويجــب أخــذها فــى الحــسبان عنــد تقــدير المخــاطر (Risk assessment). ومن التقارير المنشورة تلاحظ أن البيانـــات الخاصـــة بالـــسمية الكيميائيـــة للإنسان على المدى الطويل غير كافية وأن معظم النتائج المنشورة من دراســـات متوســـطة المدى على الحيوانات. كما نلاحظ أن المعايير standards للجرعـــات الإشـــعاعية وتلـــك الكيماوية غير متوافقة من حيث وحدات القياس. وسوف نكتفى ببعض الدراســـات المنـــشورة دون الدخول فى التفاصيل الدقيقة.



فى دراسة مرجعية (ASTSDR1999) عن الأعمال المنشورة عن حدود سمية اليورانيوم أجريت على الحيوانات تم حساب واستنتاج حدود السمية بالنسبة للإنسان نتيجة لاستنشاق غبار اليورانيوم فى الهواء فى حدود ٠,٤ ميكروجرام/م^{٣} هواء فى حالة التعرض المتوسط لجزيئات تحمل اليورانيوم فى صورة ذائبة. أما فى حالة ما إذا كانت مركبات اليورانيوم غير ذائبة ترتفع النسبة الى ٨ ميكروجرام/م^{٣} وفى دراسة عن التعرض المزمن لمركبات ذائبة تظهر حدود السمية عند ٠,٣ ميكروجرام/م^{٣}. وفى دراسة أخرى (Jacob 1997) أظهرت النتائج تأثير ضار على وظائف الكلى لدى فئران التجارب عند مستوى ٢,٦ ميكروجرام يورانيوم / كجم / يوم (هذا التركيز داخل أنسجة الكلى) ناتج عن تركيز مستويات لليورانيوم فى الهواء تعادل ٤٠ ميكروجرام/م^{٣} هواء ، وباستخدام بعض معاملات التحويل والأمان تقابل هذه الحدود مستوى ٠,٠٧ ميكروجرام/م^{٣} هواء بالنسبة للإنسان.

أما إذا نظرنا الى الدراسات الخاصة بالضرر الإشعاعى فنجد أن الحدود الدنيا بناء على جرعة ١ ملى سيفرت/سنة ومعدل تنفس ٠,٩ م^{٣}/ساعة ونعرض مستمر تتوقف على نسبة النشاط الإشعاعى فى الغبار وكميته فى الهواء وصوره (ذائبة أو غير ذائبة) كما فى الجدول التالى :

الغبار ناتج عن	صور غير ذائبة (ميكروجرام/م^{٣})	صور ذائبة (ميكروجرام/م^{٣})
يورانيوم طبيعى نقى	٠,٥٨	٩,٤٠
يورانيوم طبيعى منضب ٣,٥ %	٠,١٧	٢,٨٠
يورانيوم منضب ٠,٢ %	١,٠٥	١٧,٠
يورانيوم معاد تدويره	٠,١٨	١,٦٠
يورانيوم مخصب معاد تدويره ٣,٥ %	٠,٠٤	٠,٣٢
يورانيوم منضب معاد تدويره ٠,٢ %	٠,٦٧	١١,٠

هذه النتائج فقط لحساب حدود السمية نتيجة استنشاق الغبار المحتوى على يورانيوم، وهناك طريق آخر وهو عن طريق الأكل والشرب المحتوى على نسبة من اليورانيوم Oral Ingestion. ويمكن تلخيص بعض النتائج المتحصل عليها فى الجدول التالى :

حدود السمية الكيميائية فى الطعام والشراب بالنسبة للإنسان

المرجع	مستوى يومى مسموح به (ميكروجرام/كجم/يوم)	حدود سنوية على أساس ٧٠ كجم للإنسان البالغ (مليجرام)	التركيز فى مياه الشرب على أساس ٥٠ لتر/سنة (مليجرام/لتر)
ASTSDR, 1999	٢,٠	٥١,٢	١,٢
Jacpb, 1997	٠,٧	١٧,٩	٣٦,٠
WHO, 1998	٠,٦	١٥,٣	٣١,٠

وفى دراسات حديثة على مياه الشرب المحتوية على نسب مختلفة من اليورانيوم ظهر بوضوح أن مستويات يورانيوم أكثر من ٢-٣٠ ميكروجرام/لتر تؤدى حتماً الى تغيرات ضارة فى وظائف الكلى، أما الدراسات الخاصة بالضرر الإشعاعى فيمكن تلخيصه فى الجدول التالى :

وقد قدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية الحدود القصوى لتلوث المياه الجوفية الطبيعية باليورانيوم فى حدود ٣٠ ميكروجرام/لتر ، ويسمح باستخدام الآمن عند مستوى ٢٠ ميكروجرام/لتر للشخص البالغ (وزن الجسم ٧٠ كجم) ومعدل شربه ٢ لتر/يوم.

الغبار ناتج عن	حدود سنوية على أساس ١ مللى سيفرت/سنة (مليجرام)	التركيز فى مياه الشرب (ميكروجرام/لتر)
يورانيوم طبيعى نقى	٨١٣	١٦٣٠
يورانيوم طبيعى منضب ٣,٥ %	٢٥١	٥٠٠
يورانيوم منضب ٠,٢ %	١٤١٠	٢٨٢٠
يورانيوم معاد تدويره	٢٥٧	٥١٥
يورانيوم مخصب معاد تدويره ٣,٥ %	٦٦	١٢٠
يورانيوم منضب معاد تدويره ٠,٢ %	٩٢٣	١٨٥٠

مستويات اليورانيوم فى بعض الأراضى المصرية :

تم تقدير محتوى عنصر اليورانيوم فى عينات تربة زراعية (يتم تسميدها بالأسمدة الفوسفاتية) وتربة غير مزروعة (لا تسمد) وكذلك عينات رواسب من بعض المصارف

الزراعية، وتم جمع هذه العينات من القليوبية – الشرقية – الدقهلية والمنوفية. وأثبتت النتائج أن التربة المسمدة لها أعلى مستوى إشعاعى وذلك بسبب الاستعمال الواسع لـسماد الـسوبر فوسفات والجبس الفوسفاتى والذى يحتوى على نسبة مـن اليورانيـوم، وكانـت تركيـزات اليورانيوم بين ٠,٤١ – ٥,٥٩ جزء فى المليون. ونتيجة وجود القيم العالية فى رواسب قـاع المصارف الزراعية يمكن استنتاج أن اليورانيوم من العناصر المشعة التى تنتقل وتهاجر فـى مكونات التربة بسهولة نسبية أكثر من العديد من العناصر الثقيلة الأخرى. وفى دراسة أخرى بسوريا تراوحت تركيزات اليورانيوم فى التربة بين ٠,٤ – ٣,٩ جزء فى المليون إمـا فـى منطقة الصخور الفوسفاتية المتفسخة فقد بلغت ٢٢-٢٩ جزء فى المليون.

امتصاص النبات لليورانيوم :

تحت عملية امتصاص اليورانيوم بواسطة جذور النباتات نتيجة تفاعلات التبادل الأيونى (Ion-exchange reactions) بين اليورانيوم المحمول فى محلول التربة وأنسجة الجـذور، وتختلف النباتات فى ذلك من عنصر لآخر، وقد يكون الاختلاف بسبب عدم تـوافر عوامـل بيئية تساعد على ذلك كما هو الحال بالنسبة لليورانيوم، حيث أوضـحت معطيـات البحـوث والدراسات المنجزة فى هذا الخصوص المؤشرات والعوامل التالية :

١- يحدث امتصاص اليورانيوم بشكل أفضل من قبل النباتـات ذات النـسخ الحامـضى (Acide spa) وذات القدرة التبادلية العالية، وقد قدرت الحامضية وفق مصادر مختلفة ضمن الحدود التالية : pH 4-5.

٢- النباتات ذات المعدلات العالية للتعرق (Transpiration) تنقل معظم الأيونات ومـن بينها اليورانيوم الى الأجزاء العليا من النبات.

٣- المستويات المنخفضة لتراكيز الفوسفات فى التربة تعمل على زيـادة قابليـة النبـات لامتصاص اليورانيوم.

٤- المستويات العالية لتراكيز الكربونات فى التربة تعمـل علـى زيـادة قابليـة النبـات لامتصاص اليورانيوم.

٥- ينشط امتصاص النبات لليورانيوم عندما يكون تركيز البوتاسيوم قلـيلاً فـى محلـول التربة.

٦- عندما تزداد تراكيز بعض الأملاح بنسبة عالية فـى محلـول التربـة فـإن اليورانيوم يميل للبقاء فى المحلول وعدم الانتقال الى جذور النبات. كما أن امتصاص النباتات للعناصر يختلف حسب نوع النباتات (Species) وكذلك طبيعة العناصر، فهناك أنـواع مـن

النباتات لها قدرة انتقائية على امتصاص بعض الفلزات ، كما أن بعض أنواع من النباتات لهـا قدرة انتقائية على عدم امتصاص عناصر معينة موجودة فى محلول التربـة. ونتيجـة ذلـك توجد عدة أنماط سلوكية للنباتات من ناحية أنشطة الميل الانتقـائى لامتـصاص العناصـر أو المركبات الكيميائية بما يؤدى الى تباين ملحوظ فى تركيز العنصر فى النبات بالمقارنـة مـع تركيزه فى التربة إضافة إلى ميل بعض النباتات للنمو فى ترب ذات تراكيز معينة من بعـض العناصر.

مظاهر تأثيرات امتصاص اليورانيوم من قبل النبات :

تقسم العناصر إلى ثلاث مجموعات على أساس الحاجة الغذائية (Nutrition) للنباتـات من أجل ديمومة دورتها الحياتية فهنالك مجموعـة أساسـية للتغذيـة أو مـا يعـرف بـ (Macronutrient elements) مثل عناصر H, O, N, V, S, K, Ca, Mg ومجموعـة العناصر الثانوية (Micronutrient elements) مثل عناصـر Fe, Cu, Mn, Zn إضـافة إلى مجموعة عناصر غير أساسية والتى لا يعرف لها دور أساسى فى تغذية النباتـات وهـى مجموعة كبيرة من العناصر من بينها اليورانيوم. وعندما تنقص أو تزيد كمية أو تراكيز تلك العناصر فى محلول التربة عن حدود حاجة النباتات فسوف يؤثر ذلك على معـدل النمـو أو حدوث تشوهات على الأجزاء العضوية أو الصفات الفيزيائية بأشكال مختلفة.

أوضحت الفحوصات الميدانية أن النباتات التى تميل للتعايش الانتقائى فى اراضي غنية باليورانيوم نادرة جداً ومتمثلة بنوع واحد من الأشـجار الـصنوبرية (Lupine) مـن نـوع (*Lodgepols pine*) الذى يميل للنمو بشكل نشط فى اراضي ذات تراكيز عالية لليورانيـوم، كما لوحظ ذلك فى مناطق ألاسكا فى الولايـات المتحـدة الأمريكيـة. وجـد أن تركيـزات اليورانيوم فى بعض محاصيل الغذاء فى اليمن تتراوح بين ١,١ – ٧,٦ جزء فى المليون وهـذا يتفق مع معظم الدراسات التى أوضحت أن المستويات الطبيعية لليورانيوم فى رماد النباتـات عادة اقل من ٢ جزء في المليون اما القيم العالية فكانت في حالة نبات القات فقط.

أما فيما يتعلق بامتصاص النباتات لليورانيوم من محلول التربة وارتفاع تركيزه فيـه أو فى بعض أجزائه فإن الدراسات الكثيرة فى هذا الخصوص أوضحت رصـد تراكيـز عاليـة لليورانيوم فى رماد (Ash) النباتات التى تنمو فـى اراضـي ذات تراكيـز غيـر اعتياديـة لليورانيوم وبهذا الخصوص فإن أعلى تركيز تم رصده (U 2.5%) فى أشنات وطحالب فـى نيوزيلاندا، وكذلك فى غصون النباتات الصنوبرية فى بعض المناطق فى كندا حيـث بلغـت

٢٢٧٠ جزء فى المليون فى رماد الغصون، وأيضاً فى جذور شجرة العرعر وهى من فصيلة الصنوبريات حيث رصدت تراكيز فى رماد الجذور بلغت ١٦٠٠ جزء فى المليون فى مناطق كولورادو فى أمريكا. وفى سوريا وجد أن *Galium canum* يحتوى علـــى تركيـــزات ٨٤ جزء فى المليون وإنه ينمو فقط فى أراضى رواسب الفوسفات ، وكـــذلك نبـــات *Lagurus ovatus* وكان تركيز اليورانيوم فى جذوره ٩٣ جزء فى المليون وفى مجموعة الخـــضري حتى ٣٣ جزء فى المليون.

وبصورة عامة فإن النباتات منخفضة الرتبة (Low order) مثل الطحالب والأشـــنات تمتص اليورانيوم حالاً وبسهولة وتركزه فى جميع أجزائها، بينما النباتات عالية الرتبة (High order) تمتص اليورانيوم وتركزه فى بعض أجزائها كالجذور والأغصان.